ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MARS 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes Chers Confrères,

Notre Confrère **Léon Bertrand** est décédé lundi dernier 24 février, dans sa soixante-dix-huitième année; après avoir supporté sans défaillance une congestion pulmonaire qui l'éloigna durant deux semaines de nos séances, il continua, insouciant, à classer de nombreux dossiers; il n'a pu résister à une intoxication urémique extrêmement douloureuse. J'ai vu mon vieux maître entouré de M[me] Léon Bertrand-Bassot, de ses enfants et petits-enfants, à qui j'ai présenté les condoléances de notre Compagnie; un visage calme, détendu, au repos, faisait un contraste douloureux avec l'image mobile et sympathique du Collègue qui, à la rencontre d'un des nôtres ou d'un de ses élèves, souriait, s'agitait avec les transports d'une cordiale bienvenue.

Reçu à 17 ans (1886) à l'École Polytechnique et à l'École Normale de la rue d'Ulm, licencié ès sciences mathématiques, physiques et naturelles, agrégé en 1890, il fut boursier du Muséum auprès du Paléontologiste philosophe Albert Gaudry et fit une étude des Crustacés fossiles du bassin de Paris sous la direction de Paul Fischer; presque aussitôt, avec le printemps, il reprit ses observations sur le terrain, initié dans cette difficile technique par le savant spécialiste Munier-Chalmas capable de donner le nom correct de l'animal dont on lui présentait un fragment de coquille. Chargé des Conférences de Pétrographie à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris (1893), il consacra tous ses étés, de 1891 à 1898, à l'étude géologique et cartographique d'une région presque inconnue, le Nord des Alpes-Maritimes, sujet d'une Thèse de Doctorat, travail remarquable, apprécié par ses juges en Sorbonne qui le firent nommer Maître de Conférences de Pétrographie, et surtout par Auguste Michel-Lévy, alors Directeur du Service de la Carte géologique de France. Collaborateur principal de ce service en 1900, il venait d'être nommé professeur de géologie à la Faculté des Sciences de Toulouse (1899). A 30 ans, le jeune normalien avait toutes les charges de la carrière; Membre du Conseil de la Société géolo-

gique de France, il provoquait des Réunions extraordinaires en 1902 dans les Alpes-Maritimes, en 1906 dans les Hautes-Pyrénées.

Une succession d'études approfondies de Paléontologie, de Stratigraphie tectonique avec Cartes géologiques (feuilles de Saint-Martin de Vésubie, de Nice et de Menton, de Digne, du Var inférieur, puis de Bagnères-de-Luchon, de Prades, Quillan, l'Hospitalet, Foix) en fit durant vingt années le géologue le mieux documenté sur ces zones disloquées par les soulèvements des Alpes et des Pyrénées françaises.

Avant tout, Léon Bertrand était pétrographe. Albert Michel-Lévy le désigna en 1907, puis en 1910 pour le suppléer dans une partie de son enseignement au Collège de France.

Il était chimiste et dirigeait, en 1912, les études de Michel Longchambon dans ses nombreuses analyses des roches secondaires métamorphisées du Nord pyrénéen.

Et surtout par la préparation de l'Agrégation à l'École normale, par les relations créées au Service de la Carte avec Marcel Bertrand, le brillant Professeur de l'École des Mines, il était de longue date le représentant en France des concepts de Géologie générale suggérés par le copieux Ouvrage *Der Anlitz der Erde* de notre Associé Edward Suess qu'il me fit lire dans le texte original. Cette orientation pédagogique lui fait écrire de remarquables études sur les nappes de charriage dans la formation des chaînes de montagne (1908), des éditions nouvelles et rectifiées de la Carte Géologique de la France au millionième et, pour l'illustrer de documents précis, des Ouvrages : *Les anciennes mers de France*, l'*Histoire de la formation du Sous-sol de la France*, illustrée, dont les deux volumes parus en 1945 et 1946 sous le titre *Histoire géologique du Sol français* sont une révision consciencieuse à laquelle il travaillait encore à la veille de sa mort.

Mais j'ai hâte de vous faire connaître l'homme et ses qualités natives. *L'emploi du microscope polarisant*, publié avec Marcel Roubault, est une œuvre bien française, rédigée après *La Science des Roches*. traduction annotée et complétée par Léon Bertrand du *Gesteinskunde* de F. Rinne. En octobre 1903, Frédéric Wallerant est nommé Professeur de Minéralogie à la Sorbonne. M. Léon Bertrand le remplace dans l'enseignement et les laboratoires de l'École Normale; j'étais botaniste et génétiste convaincu, il m'accepta comme Agrégé préparateur. C'était l'heure des mutations! Dans la salle des conférences qui était celle des travaux pratiques, je fis la connaissance de mon chef de service et, avec lui durant des semaines, mis en désordre, pour un ordre nouveau, des centaines de tiroirs renfermant chacun plusieurs douzaines de boîtes à fossiles ou à préparations microscopiques de roches. En quelques heures la confiance naît, puis se traduit en camaraderie intime; mais dans la réinstallation, la plus lourde besogne fut le lot de mon aîné. Il s'aperçut bien vite que l'élève du savant Dufet en minéralogie théorique n'était pas à l'aise

dans l'examen des roches de la nature et il me fit profiter de leçons particulières gratuites. Bien plus, lorsqu'en janvier 1904 j'obtins une mission d'études à Copenhague, auprès de W. F. Johannsen et E. Warming, à Svalof, en Suède, auprès de N. H. Nilsson, M. Léon Bertrand assura sans réserve le service de l'agrégé préparateur en promenade; il y prit goût et à mon retour, me demanda presque comme une faveur de continuer à démontrer les subtilités de l'analyse des coupes minces de roches volcaniques ou métamorphysées. Depuis, la Salle du Professeur fut et resta salle commune.

C'est ainsi que Michel Longchambon devint le collaborateur chimiste, Maurice Roubault l'adjoint minéralogiste, Pierre Viennot le géologue stratigraphe, puis le pétrolier avec Louis Barrabé; Viennot explora l'Iraq et, plus tard, André Rivière le Turkestan. Ces jeunes hommes, Longchambon professeur de minéralogie à la Faculté des Sciences de Lyon, Viennot décédé en 1931, tous ces Élèves furent ou sont des maîtres dans l'Université de Paris, où Léon Bertrand créa et rendit féconde la Chaire de Géologie structurale et appliquée. Parallèlement il enseignait à vingt promotions d'Ingénieurs de l'École Centrale la Géologie et la Minéralogie.

Un de nos Confrères me faisait remarquer, il y quelques jours, le souci constant de Léon Bertrand, celui de *rendre service*; au cours des deux guerres qui ont enrayé ses efforts et désorganisé les travaux de prospection, il marqua avec force le besoin de prendre une part, souvent matérielle, à la lutte pour la victoire. Attaché en 1915 à la Direction des Inventions intéressant la Défense nationale, il collabora à l'utilisation de l'onde de choc et au repérage de l'artillerie par le son, puis à des combinaisons de signaux colorés secrets, etc. On lui doit la mise au point de la fabrication des briques de silice indispensables aux fours métallurgiques, mise au point pratique de leçons qu'il avait données en Sorbonne sur la Céramique.

Le chef-d'œuvre, un des facteurs du relèvement économique de la France en cette période trouble, est la part décisive qu'il a eue dans la découverte, imprévue pour tous les experts, d'un gisement de pétrole au nord des Pyrénées. Sollicité, en 1920, à collaborer aux travaux du Commissariat des Essences, Léon Bertrand étudie en 1921 les gisements de Roumanie; en 1923, avec L. Joleaud, il parcourt les zones bitumineuses de Madagascar et en dresse la carte qui prépare les explorations faites plus tard par M. Barrabé à Madagascar, à la Martinique, à la Guadeloupe; il forme à ses techniques et communique ses prévisions à Pierre Viennot, le principal artisan des découvertes récentes dans l'Iraq.... Et je m'excuse de rendre publiques les confidences de notre Confrère M. François Grandjean qui précisent la qualité maîtresse du savant, entraîneur d'émules dont la confiance fut à rude épreuve.

M. Léon Bertrand paraissait faire un *acte de foi*, comme l'a dit M. Louis Pineau, directeur de l'Office National des Combustibles liquides, lorsqu'il proposa en 1925 un sondage dans les zones du flysch des Petites Pyrénées; à la surface,

pas la moindre trace de bitume et sa proposition n'eut pas de suite. En 1937, au Congrès mondial du Pétrole, MM. Léon Bertrand et Barrabé donnent une Note écrite précisant leur point de vue. M. Ramadier, alors Sous-Secrétaire d'État au Ministère des Travaux publics, avait chargé l'Office National des Combustibles liquides d'établir un nouveau programme de sondages et, en 1937, la reconnaissance de la région des dômes fut reprise, le sondage exécuté en un point choisi par MM. Jacob, Barrabé et Schneegard. On ne trouva pas de pétrole, mais, à la base du flysch, vers 1500 mètres de profondeur, un réservoir important de gaz. Le gaz de Saint-Marcet doit être en relation avec le pétrole puisqu'il est humide. Et en effet on l'obtient, en faible quantité, à deux niveaux dans une dolomie jurassique aux profondeurs respectives de 1830 et 1930 mètres.

Homme de dévouement et de foi, M. Léon Bertrand eut la joie de prendre part à nos travaux; son fils m'a assuré que cette distinction l'entraîna à un effort renouvelé et fatal. Nos regrets en sont accrus; nous déplorons la mort de ce grand serviteur de l'Université, de l'Industrie, de la Science désintéressée.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les ensembles finis.* Note de M. Arnaud Denjoy.

La notion d'*ordre*, s'exprimant par « a est avant b » ou « a est après b », est absolument originelle. Elle préexiste au raisonnement, qui est non seulement un ensemble de propositions, mais encore un ordre déterminé entre ces propositions.

Il est possible de fonder sur les concepts d'*ordre*, d'*élément initial*, d'*élément terminal*, et *sans aucun recours à l'idée de récurrence*, l'*ensemble*, puis le *nombre ordinal*, enfin le *nombre cardinal* FINIS. Il suffit pour cela de se laisser guider par la pratique la plus commune quand il s'agit de dénombrer un ensemble fini, et qui est de le ranger d'abord sur une file unique, puis de changer celle-ci pour la vérification.

DÉFINITION A. — *Un ensemble fini est un ensemble ordonnable et dont toutes les ordinations possibles sont semblables entre elles.*

CONSÉQUENCE. — *Tout ensemble ordonné semblable à un ensemble fini est fini.*

PROPRIÉTÉ B. — *Dans toutes ses ordinations, un ensemble fini a un élément initial.*

J'use de la terminologie et des notations adoptées dans mon livre *L'Énumération transfinie*, I. (Voir les index correspondants, pages XVII et XXII.) Ajouter le signe de similitude $\sim$ (page 11).

$C(a, E)$ est la section commençante de E terminée par a, $S(a, E) = C(a, E) - (a)$, $S'(a, E) = E - C(a, E)$, C, S, S' étant ordonnés selon E.

Si B était faux, a étant un élément quelconque de E, $S(a, E)$ existerait. On porte $S(a, E)$ à la suite de $S'(a, E)$; a devient élément initial de E dans la nouvelle ordination. Or elle est semblable à l'ancienne.

L'inversion d'une ordination ($a \prec b$ changé en $a \succ b$) donnant encore une ordination, la propriété B équivaut à

Propriété B'. — *Dans toutes ses ordinations, un ensemble fini possède un élément terminal.*

Corollaire. Propriété C. — *Tout sous-ensemble d'un ensemble fini a, dans toutes ses ordinations, un élément initial* (donc aussi un élément terminal).

Soit e un sous-ensemble ordonné de E, $e' = E - e$. Ordonnons e' par une ordination quelconque de E. Puis plaçons e avant e'; e a un élément initial, celui de E.

Théorème I. — *Un ensemble fini ordonné n'admet pas d'autre application conforme sur lui-même que l'application identique.*

Soit (A) une application conforme de E sur lui-même, et F l'ensemble des éléments a de E tels que, par l'application (A), C(a, E) soit appliqué identiquement sur lui-même. F existe. Car il contient l'élément initial α de E. Soit b l'élément terminal de F. Je dis que b est aussi l'élément terminal de E. Sinon, S'(b, E) existerait. (A) appliquerait S'(b, E) conformément sur lui-même. L'élément initial c de S'(b, E) serait dans F. Donc F = E.

Théorème II. — *Un ensemble ordonné fini n'est semblable à aucun de ses sous-ensembles.*

Soient e un sous-ensemble ordonné de E et semblable à E, α l'élément initial, β l'élément terminal de e. Ordonnons $e' = E - e$ par l'ordination de E, puis plaçons e avant e'. La nouvelle ordination de E est semblable à la première, donc à celle de e, qui est devenu C(β, E). Soient (A') l'application conforme de E sur e et G l'ensemble des éléments a de e, tels que C(a, E) soit identiquement appliqué sur lui-même par (A'); G contient α. On voit que G contient β. Donc S'(β, E) est appliqué conformément sur l'ensemble vide, ce qui est impossible si $e < E$.

Théorème III. — *De deux ensembles finis dissemblables, l'un est semblable à un sous-ensemble de l'autre.*

E et E' étant ordonnés finis, dissemblables, si I est l'ensemble des éléments a de E auxquels correspond dans E' un élément a' tel que C(a, E) et C(a', E') soient semblables, I contient α, élément initial de E, correspondant à α', initial de E'. On voit que le dernier élément de I est l'élément terminal b de E ou a pour homologue le dernier b' de E'.

Théorème IV (Réciproque de B et de son équivalent C) ou Définition B. — *Un ensemble est fini quand il possède dans toutes ses ordinations un élément initial.*

Soient E et E' deux ensembles composés des mêmes éléments, mais différemment ordonnés, possédant tous deux la propriété B (donc aussi B' et C). L'énoncé signifie que E et E' sont semblables.

Soit K l'ensemble des éléments a de E vérifiant ces conditions :

1° Il existe dans E' un élément a' tel que C(a, E) $\sim$ C(a', E').

2° Si η(a, E) est l'ensemble des éléments de C(a, E) étrangers à C(a', E') [donc inclus

dans $S'(a', E')$] et $\eta(a', E')$ les éléments de $C(a', E')$ étrangers à $C(a, E)$, il est possible de porter $\eta(a', E')$ de $C(a', E')$ dans $S'(a', E')$, et $\eta(a, E)$ de $S'(a', E')$ dans $C(a', E')$, de façon à substituer à E' un ensemble E''_a semblable à E', composé des mêmes éléments ($E''_a = E' = E$), a' étant remplacé par a'', $C(a'', E''_a)$ étant identique à $C(a, E)$ en constitution et ordination ($a'' = a$), avec enfin $S'(a'', E''_a) \sim S'(a', E')$.

K existe. Car, si α est initial de E, α' de E', K contient α. Si $\alpha = \alpha'$, $E''_\alpha = E'$. Si $\alpha \neq \alpha'$, on échange α et α' dans E', et l'on a E''_α.

Soit b le dernier élément de K, b' son homologue. Je dis que b est l'élément terminal de E ou b' celui de E'. Sinon, si c et c' sont initiaux de $S'(b, E)$ et de $S'(b', E')$, c est dans K. Car : 1° $C(c, E)$ est semblable à $C(c', E')$; 2° Formons E''_b. Soit γ'' l'initial de $S'(b'', E''_b) \sim S'(b', E')$. Si $c = \gamma''$, E''_b est E''_c. Sinon, l'échange de c et de γ'' dans $S'(b'', E''_b)$ donne E''_c. Donc c est dans K. Par suite, ou bien b est terminal à E; $E \equiv C(b, E) \equiv C(b'', E''_b) \equiv E''_b$, $S'(b'', E''_b) = 0$, $S'(b', E') = 0$; b' est terminal à E'. Ou bien b' est terminal à E'; on écrit les mêmes relations en sens inverse, b est terminal à E. En résumé, $E \sim E'$. E est fini.

Corollaires (de C et de IV). — *Tout sous-ensemble d'un ensemble fini est fini.*

Corollaire (de IV). — *Toute réunion d'ensembles finis est un ensemble fini.*

Les ensembles réunis $e, \ldots, h$ sont par hypothèse les éléments d'un ensemble fini J. Soit R la réunion des éléments des $e, \ldots, h$. Ordonnons indifféremment R; R a un élément initial, savoir l'initial de l'ensemble fini formé par les initiaux des $e, \ldots, h$ dans l'ordination de R.

Les types d'ordination finis. — A chaque ensemble fini E correspond un type d'ordination unique T(E) que nous appelons un *type fini.*

L'addition des types finis est commutative.

C'est le type de la somme des ensembles disjoints correspondant aux divers types additionnés.

D'après le théorème III, les types finis peuvent *s'ordonner* entre eux par la règle que $T \prec T'$ si $T = T(E)$, $T' = T(E')$, $E \sim S(a', E')$; $a' \in E'$.

Soit U l'ensemble des types finis. *Quel que soit le type* T, *l'ensemble* C(T, U) *est fini.* Car si $T = T(E)$, $C(T, U)$ est formé des types $T[C(a, E)]$, a étant un élément quelconque de E, $C(T, U) \sim E$.

U a donc un élément initial, qui est le type de l'*ensemble fini dont l'élément initial coïncide avec l'élément terminal.* Nous le désignons par $\tau(1)$.

Le conséquent du type $T = T(E)$ dans U est T' tel que, si $T' = T(E')$, il s'ensuit $E \sim S(b, E')$, b étant le terminal de E'. Donc $T' = T + \tau(1)$.

On dit que T(E) caractérise le *rang* du dernier élément de E. On qualifie ce rang par un adjectif, $n^{\text{ième}}$, n étant appelé le *nombre ordinal* indicatif du rang. On écrit $T(E) = \tau(n)$.

Dans E' ordonné, si $T[C(a, E')] = \tau(n)$, on dit que a possède le $n^{\text{ième}}$ rang parmi les éléments de E'; $\tau(n)$ a le $n^{\text{ième}}$ rang parmi les types finis.

On pose $\tau(\Sigma n) = \Sigma\tau(n)$. Nous en concluons que l'addition des nombres ordinaux est commutative, associative, etc.

La multiplication des types finis est commutative, $T \times T' = T' \times T$. La première expression signifie que l'on remplace chaque élément d'un ensemble

de type T′ par un ensemble de type T. En prenant dans chacun de ceux-ci l'élément ayant un même rang, on a une réunion de type T d'ensembles de types T′. On pose

$$\tau(n \times p) = \tau(n) \times \tau(p).$$

On appelle *nombre cardinal* des éléments d'un ensemble fini E le nombre ordinal servant à qualifier le rang de l'élément terminal de E. L'addition, la multiplication des nombres cardinaux et celle des nombres ordinaux ont les mêmes propriétés.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les électrinos de M. Thibaud et l'existence éventuelle d'une très petite charge électrique des neutrons.* Note de **M. Louis de Broglie.**

Dans la théorie usuellement admise des spectres continus β, on admet qu'un neutron nucléaire peut se transformer en proton, avec émission d'un électron négatif et d'un neutrino de charge nulle et de masse très faible, suivant le schéma

(1) $$_0N = {}_1H + {}_{-1}e + {}_0n,$$

où les chiffres placés en bas à gauche des lettres indiquent les charges électriques des particules mesurées en prenant pour unité la charge électrique du proton, notation qui permet de vérifier d'un coup d'œil la conservation de l'électricité. L'émission des spectres continus de positons par certains radioéléments artificiels correspond de même au schéma

(2) $$_1H = {}_0N + {}_1e + {}_0n.$$

Le proton, le neutron et l'électron étant des corpuscules de spin 1/2 (en unités $h/2\pi$), la conservation du moment cinétique conduit, on le sait, à attribuer également au neutrino un spin 1/2. Ces schémas usuels respectent donc la conservation de l'électricité et celle du moment cinétique (spin).

Dans une Note récente ([1]), M. Jean Thibaud a communiqué de curieux résultats expérimentaux qu'il interprète en admettant que, lors de l'émission d'un spectre continu β, il y a, en dehors de l'expulsion des électrons, projection de particules très légères (c'est-à-dire de masse très inférieure à celle de l'électron) qui auraient une charge électrique $\pm\varepsilon$ très petite, positive ou négative. A ces particules, M. Thibaud donne le nom d'*électrinos*. Sans préjuger de l'interprétation finale qui devra être donnée des expériences de M. Thibaud, il nous paraît intéressant de présenter quelques remarques au sujet de l'existence possible des électrinos.

Si l'on adopte l'hypothèse suivant laquelle des électrinos du type de

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 984.

M. Thibaud sont émis lors de l'expulsion d'une particule β hors d'un noyau radioactif, on a le choix entre deux possibilités principales : ou chaque émission de particule β est accompagnée par l'éjection d'un seul électrino, ou bien au contraire deux électrinos de signes opposés sont émis en même temps que l'électron. Chacune de ces possibilités soulève une grave objection. Si un seul électrino de charge $\pm\varepsilon$ est émis en même temps qu'un électron, le principe de conservation du moment cinétique serait respecté en faisant l'hypothèse naturelle que les électrinos ont un spin 1/2, mais alors le principe de la conservation de l'électricité, l'un des mieux assuré de toute la Physique, ne serait plus satisfait. Si, au contraire, deux électrinos de signes opposés sont émis en même temps que l'électron, le principe de la conservation de l'électricité est respecté, mais la conservation du moment cinétique exigerait l'attribution aux électrinos d'un spin égal à 1/4, hypothèse qui semble impossible à concilier avec la façon dont la théorie quantique des particules parvient à rattacher la théorie générale des moments cinétiques à celle des groupes de rotation et à la transformation de Lorentz. Des deux côtés, la difficulté qui se présente est très sérieuse.

Pour sortir de l'impasse, on pourrait faire appel aux considérations assez hardies qui suivent. Rien ne prouve d'une façon absolue que la charge électrique du neutron soit *rigoureusement* nulle : nous savons seulement que, si elle existe, elle doit être énormément plus petite que celle du proton. Nous pourrions donc supposer que les neutrons puissent porter des charges $\pm\varepsilon$, la charge du proton étant toujours prise comme unité et ε étant une fraction extrêmement petite. Il y aurait ainsi des neutrons positifs et négatifs, mais leurs propriétés provenant presque exclusivement de leur masse et de leur spin seraient pratiquement les mêmes. Symétriquement, nous pourrions supposer que les neutrinos sont des particules extrêmement légères, de masses énormément plus petites que celle de l'électron et dont la charge est non pas rigoureusement nulle, mais égale à $\pm\varepsilon$: ces neutrinos à très petite charge se confondraient avec les *électrinos* de M. Thibaud.

L'émission du spectre continu β serait alors représentée par l'un ou l'autre des schémas suivants [qui remplacerait le schéma (1)]

$$(3)\qquad \begin{cases} {}_{\varepsilon}\mathrm{N} = {}_{1}\mathrm{H} + {}_{-1}e + {}_{\varepsilon}n. \\ {}_{-\varepsilon}\mathrm{N} = {}_{1}\mathrm{H} + {}_{-1}e + {}_{-\varepsilon}n, \end{cases}$$

suivant que le neutron nucléaire qui se transforme en proton est positif ou négatif. La conservation de l'électricité serait alors satisfaite et, comme un seul électrino positif ou négatif serait émis dans chaque processus élémentaire, on serait conduit à lui attribuer le spin 1/2. Ainsi toutes les difficultés se trouveraient levées.

Naturellement il serait aisé de transposer les idées précédentes au cas des spectres continus de positons en remplaçant le schéma (2) par un schéma analogue à (3).

L'hypothèse faite plus haut sur la charge du neutron introduirait une agréable symétrie entre le neutron et l'électrino (ou neutrino chargé) de M. Thibaud. Elle permettrait aussi de considérer le photon comme équivalent à l'ensemble de deux électrinos de signes contraires et de spin 1/2, formant une particule neutre de spin 1. Évidemment, avec ces hypothèses, la charge totale d'un noyau de nombre atomique Z serait égale non plus à Ze, mais à $Ze+(n_+-n_-)\varepsilon$, n_+ et n_- étant les nombres de neutrons nucléaires positifs et négatifs. Mais les propriétés de ce noyau et de l'atome dont il est le centre dépendraient extrêmement peu de la charge supplémentaire $(n_+-n_-)\varepsilon$ en raison de l'extrême petitesse du rapport ε/e; d'ailleurs, dans les noyaux lourds, il pourrait y avoir une quasi-égalité des nombres de neutrons positifs et négatifs de sorte que n_+-n_- soit petit.

L'idée d'introduire une très petite charge pour le neutron est assurément assez hardie, mais de toutes façons, si l'interprétation donnée par M. Thibaud de ses expériences devait se confirmer, il serait nécessaire d'introduire des idées très nouvelles dans nos conceptions relatives aux particules élémentaires.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Ononis repens L. Note de M. **René Souèges**.

L'embryogénie des *Ononis* pose un problème qui, depuis les premières observations de L. Guignard ([1]), en 1881, n'a pas reçu de solution satisfaisante. D'après ce savant, le nombre des cellules qui constituent le suspenseur proprement dit, toujours disposées en chapelet, serait variable avec les espèces. Il est pair ou impair, atteignant le chiffre 7 chez l'*O. fruticosa* L., mais parfois ne dépassant pas l'unité chez l'*O. alopecuroides*. « On remarque, écrit Guignard, que, à travers quelques variations accidentelles, le proembryon est normalement formé d'un nombre pair de cellules. Le cas le plus général est celui d'un suspenseur à trois cellules terminées par la cellule-mère qui ne se différencie qu'au moment où un nombre déterminé de bipartitions a constitué le proembryon caractéristique de chaque espèce. Si le nombre des cellules du suspenseur est pair et que la cellule-mère soit unique, celle-ci paraît avoir été isolée dès la première bipartition de la cellule fécondée. »

Ainsi les règles qui président à l'origine de la cellule embryonnaire proprement dite n'offriraient aucune fixité. Cette cellule serait tantôt fille, tantôt petite-fille, tantôt arrière-petite-fille de l'oospore. On comprend qu'il soit nécessaire d'être fixé sur ces divers points pour bien connaître la vraie place des *Ononis* dans la classification périodique, et déterminer les rapports exacts des espèces de ce genre avec celles des genres de la même tribu ou de la même famille.

([1]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, 12, 1881, p. 87.

Les deux cellules superposées, *ca* et *cb*, résultant de la division transversale de l'oospore, se segmentent encore transversalement chez l'*O. repens* (*fig.* 1 à 4) pour donner un proembryon comportant une série linéaire de 4 éléments, *cc*, *cd*, *m* et *ci* (*fig.* 5). Ce

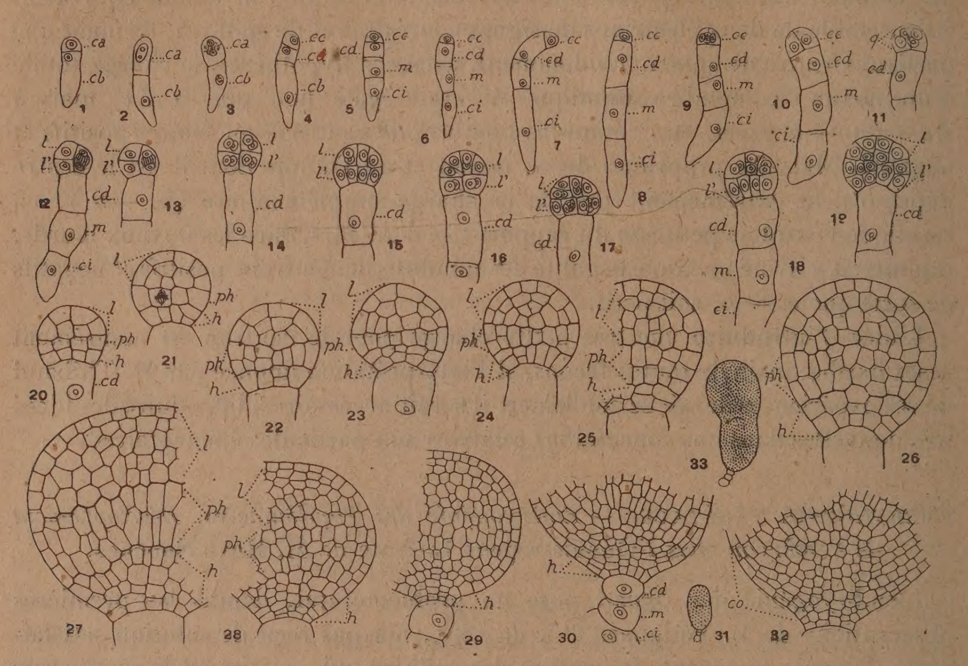


Fig. 1 à 33. — *Ononis repens* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou les deux vésicules inférieures du suspenseur; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou cellule embryonnaire proprement dite; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou la troisième vésicule du suspenseur; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs; *ph*, partie hypocotylée; *h*, groupe hypophysaire; *co*, coiffe. En 12 et 13, les deux coupes voisines d'un même embryon. En 31 et 33, aspect général des embryons, d'où sont tirés les détails des figures 30 et 32. G. = 260; 130 pour les figures 28, 29, 30 et 32; 18 pour les figures 31 et 33.

proembryon prend d'assez grandes dimensions par allongement des trois éléments inférieurs, la cellule supérieure, *cc*, demeurant très petite et conservant un contenu très plasmatique. Parfois ce proembryon se courbe de diverses manières (*fig.* 7) et prend, dans l'extrémité quelque peu renflée du sac, des positions variables. Les trois cellules inférieures ne subissent pas de nouvelles divisions; elles s'élargissent, s'arrondissent (*fig.* 30, 31, 33); elles restent uninucléées; elles représentent le suspenseur *sensu stricto*. La cellule *cc* engendre l'embryon proprement dit; elle se partage par une cloison nettement verticale (*fig.* 9, 10) en deux éléments juxtaposés qui se segmentent à leur tour verticalement, donnant ainsi 4 quadrants disposés d'une façon plus ou moins régulière autour de l'axe (*fig.* 11). Les quadrants se divisent peu après transversalement pour engendrer 8 octants nettement distribués en deux étages *l* et *l'* (*fig.* 12 à 14).

Dans les 4 octants supérieurs, *l*, s'établissent des parois qui se sont montrées toujours anticlines, prenant une direction tantôt verticale (*fig.* 15, 16, 17, 18, 19 à d.), tantôt horizontale (*fig.* 16, 17, 19 à g.). A ces premières cloisons en succèdent de nouvelles, le plus souvent normales aux précédentes (*fig.* 18, 19, 20) conduisant à la séparation, au voisinage de la paroi équatoriale, d'une assise aux dépens de laquelle vont se différencier,

vers la périphérie, des éléments qui entreront dans la construction des cotylédons, au centre, des éléments qui feront partie du cylindre central de la tige épicotylée (*fig.* 21 à 25). Les éléments du sommet (*fig.* 20) apparaissent nettement, dans certains cas, donner naissance à un groupe cellulaire se comportant comme un tissu épiphysaire (*fig.* 24, 25). Aux stades plus avancés, les limites de ce groupe deviennent indistinctes. Quoi qu'il en soit, tout le massif hémisphérique tirant origine des 4 octants supérieurs donne naissance d'une manière évidente à la partie cotylée *sensu lato* (*fig.* 27, 28).

Dans les octants inférieurs, *l'* (*fig.* 14, 16), les premières cloisons sont verticales, normales aux parois méridiennes (*fig.* 15, 17, 18); puis se forment des cloisons transversales (*fig.* 19, 20) qui partagent l'étage *l'* en deux assises *ph* et *h*. L'assise *ph* représente l'hypocotyle; par divisions verticales (*fig.* 23) et transversales (*fig.* 21, 22, 24), elle engendre un groupe cellulaire qui s'élargit et n'offre bientôt aucune disposition régulière intérieure; les limites séparant ce groupe de la partie cotylée deviennent indistinctes (*fig.* 28, 29); les histogènes dans ces deux parties ne se différencient que fort tard. L'assise *h* engendre un véritable massif hypophysaire. Les éléments qui le composent au stade de la figure 20 se cloisonnent quelquefois longitudinalement (*fig.* 24 à d.), en règle générale transversalement (*fig.* 21, 22); dans la couche inférieure ainsi produite, les divisions transversales se poursuivent en direction centrifuge (*fig.* 26 à 29), tandis que, dans la couche supérieure, se forment de nouvelles parois longitudinales (*fig.* 23 à g., 26 à d.) et transversales (*fig.* 27 à 29). Ce sont, selon toute apparence, les éléments médians de la couche supérieure qui fournissent les initiales de l'écorce de la racine, les autres éléments, aussi bien ceux qui sont issus de la zone périphérique de la couche supérieure que ceux qui tirent origine de la couche inférieure, entrent dans la construction des parties latérales et de la portion médiane de la coiffe (*fig.* 30, 32).

On doit conclure de ces observations que l'*Ononis repens* vient se placer, dans la classification périodique, à côté du *Medicago Lupulina* (²), du *Melilotus arvensis* (³) et des *Vicia* (⁴). Comme dans ces espèces, la cellule *cc*, petite-fille de l'oospore, donne naissance à l'embryon proprement dit, et l'on retrouve des quadrants et des octants, dont l'identification ne peut être douteuse, à la 3ᵉ et à la 4ᵉ génération cellulaire à partir de la cellule apicale. A la 1ʳᵉ génération, cette dernière cellule produit, dans tous les cas et comme à l'ordinaire, deux éléments superposés; toutefois, à la 2ᵉ génération, au lieu d'une tétrade, il ne se constitue, chez l'*Ononis*, qu'une triade, la cellule *cd* demeurant indivise. Le suspenseur proprement dit se montre toujours composé de trois gros éléments mononucléés : la cellule-fille inférieure, *cd*, de la cellule apicale et les deux cellules-filles, *m* et *ci*, de la cellule basale.

(²) R. Souèges, *Comptes rendus*, 185, 1927, pp. 1062 et 1206; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 93.

(³) R. Souèges, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1361.

(⁴) R. Souèges, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 389; P. Crété, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 921.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Le vent et la dispersion anémotrope chez le Doryphore de la Pomme de terre* (Leptinotarsa decemlineata *Say*). Note de M. **Émile Roubaud**.

L'influence du vent dans la dispersion des Doryphores de la Pomme de terre a été bien reconnue aux États-Unis par W. L. Tower (¹). Il y voit l'un des grands facteurs qui ont aidé ou contrarié, selon les circonstances, les migrations du redoutable insecte vers l'Est des États-Unis. Selon cet auteur, le Doryphore, mauvais voilier, peut cependant franchir en vol des distances considérables, entraîné par les courants aériens dominants. Il peut aussi, quoique pendant peu de temps, voler contre le vent. Dans la région atlantique des États-Unis, les Doryphores sont parfois dirigés vers la mer lorsque les vents soufflent dans cette direction et les vagues rejettent ensuite sur les plages de nombreux coléoptères épuisés, morts ou vivants.

Sur la côte atlantique française, j'ai pu faire des constatations qui confirment celles de W. L. Tower, en ce qui concerne l'action du vent sur les insectes en vol. En région côtière, l'influence des courants aériens est pleine de dangers pour les Doryphores ailés si leur vol est orienté vers la mer. Le fait peut se produire même lorsque le vent dominant vient de mer, quand les insectes volent contre le vent. Sur la côte de Vendée, le 13 septembre 1946, par temps chaud et brise légère constante, soufflant du large, j'ai recueilli, dans l'après-midi, des Doryphores flottant sur l'eau, à une centaine de mètres du rivage. Ces insectes, émigrés des cultures voisines, ne pouvaient avoir gagné l'Océan qu'en volant contre le vent. Beaucoup d'entre eux se trouvèrent ensuite ramenés à terre, à la marée du soir. La plupart, en raison de leur grande résistance à la submersion, étaient encore en état de se déplacer sur le sol; ils manifestèrent alors, par suite du refroidissement et de l'épuisement, un tropisme inversé, progressant dans le sens du vent, vers l'intérieur.

Ce n'est pas seulement, en effet, les Doryphores en vol qui obéissent à l'action du vent; celle-ci exerce également une orientation directrice très remarquable sur la progression au sol de ces insectes, au cours de leurs migrations d'arrière-saison si caractéristiques.

Le Doryphore de la Pomme de terre présente alors parfois des déplacements dans un sens uniforme et rectiligne, qui ont été étudiés récemment en France par J. Dussy et P. Grison (²). Ces auteurs ont observé en août, à Bergerac, en fin juillet à Versailles, que les imagos pouvaient quitter spontanément une culture, seuls ou groupés, pour suivre une direction identique en ligne droite, sur plusieurs dizaines de mètres, en terrain uni. Si l'on recueille un de ces insectes sur un support, auquel on imprime une rotation de 180°, l'insecte

(¹) *Publ. Carnegie Inst. Washington*, **48**, 1906, pp. 46-47.

(²) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 622.

exécute sur lui-même une rotation égale pour reprendre son orientation initiale. Les auteurs y voient l'expression d'une marche optiquement polarisée ou d'un fait d'orientation ménotactique au sens de Kühn, c'est-à-dire d'orientation sous un angle constant, avec un repère optique constitué par les rayons lumineux. Ces phénomènes, que j'ai également observés dans les régions littorales de Vendée, ne me paraissent cependant pas dépendre d'une réaction ménotactique. D'après mes observations, cette marche polarisée n'est liée à aucun repère attractif d'ordre phototropique; elle se poursuit si l'on modifie l'éclairement. C'est l'action du vent et la sensibilité anémotrope qui orientent seuls, dans ce cas, la progression des insectes.

La migration rectiligne uniforme s'effectue tantôt contre le vent dominant (anémotropisme +), tantôt dans le sens de celui-ci (anémotropisme —). On constate que l'orientation de l'insecte se modifie et devient quelconque, si l'on coupe le vent par un écran placé, respectivement, en avant de lui dans le premier cas, ou en arrière de lui, dans le second cas.

Si l'on soumet un Doryphore, en marche orientée par le vent régnant, à un courant d'air artificiel plus fort, dirigé dans un autre sens, on le voit abandonner son orientation première pour obéir à l'action anémotrope la plus puissante.

Sur un même terrain et dans une même journée chaude, la marche contre le vent n'a été observée qu'aux heures les plus chaudes; la brise demeurant constante en direction ou intensité, on constate que le tropisme s'inverse de plus en plus dans le cours de l'après-midi. Les Doryphores marchent généralement dans le sens du vent, vers le soir et par temps frais, faisant alors une route contraire à celle qu'ils ont suivie quelques heures plus tôt. On peut penser que le sens de l'orientation anémotrope dépend du degré de l'activité physique des insectes, pour la marche comme pour le vol.

Les phénomènes de migration anémotrope n'intéressent que les individus de la génération appelée à hiverner. Bien des auteurs, depuis Tower, ont noté l'aptitude particulière au déplacement, par marche ou par vol, manifestée par les Doryphores à ce stade. Leur stimulant de migration ne dépend pas de nécessités alimentaires ou reproductrices. Il paraît correspondre à un *besoin de mouvement*, de dépense musculaire, favorisant sans doute, par des oxydations accrues, cette déshydratation initiale, dont W. L. Tower a reconnu l'importance dans la préparation physiologique des Doryphores appelés à hiberner ([3]). Une période analogue de déplacements actifs se retrouve, d'ailleurs, chez d'autres insectes dont la diapause imaginale est également marquée, à son début, par des mouvements migrateurs (*Anopheles elutus*, certains Acridiens et Lépidoptères).

A la surface du sol, la progression anémotrope des Doryphores est largement

---

([3]) *Loc. cit.*, 1906, p. 246.

soumise au jeu des obstacles naturels (levées de terre, haies, murs etc.) qui, déviant ou masquant le vent dominant, s'opposent à la marche rectiligne des migrateurs, en les incitant à modifier incessamment leur direction. On voit parfois, en zone côtière, un même Coléoptère sollicité par des influences aériennes successives contraires, parcourir en tous sens la même surface de terrain, sans parvenir à s'en éloigner. Les insectes, ainsi soumis aux effets désordonnés d'un tropisme aveugle, offrent vraiment l'image saisissante d'une barque désemparée errant au gré du vent. Mais, dans son ensemble, la sensibilité anémotrope constitue, pour les Doryphores, un puissant moyen de dispersion préhibernale, à la phase évolutive où leur mobilité accrue les porte à délaisser les cultures nourricières pour se répandre au dehors.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie une brochure intitulée *Jubilé scientifique de M. Maurice de Broglie, célébré à la Sorbonne le* 13 *juin* 1946.

M. **Harlow Shapley** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *One hundredth Annual Report or the Director of the Astronomical Observatory of Harvard College for the year ending september* 30, 1945.

M. **Reginald A. Daly** fait hommage à l'Académie d'un fascicule intitulé *Origin of the Moon and its Topography*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection de deux Associés étrangers.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Wander Johannes de Haas** est proclamé élu en remplacement de Sir *William Bragg*, décédé, et Sir **Edward John Russell** est proclamé élu en remplacement de M. *Pieter Zeeman*, décédé.

Leurs élections seront soumises à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à chacune des deux chaires de *Théorie des équations différentielles et fonctionnelles* et de *Biochimie générale et comparée* vacantes au Collège de France.

(Renvoi pour la première, à la Section de Géométrie et, pour la seconde, à la Section de Chimie et à MM. Richard Fosse, Javillier et Courrier.)

Le **Rice Institute**, à Houston (Texas), invite l'Académie à se faire représenter à l'installation de son nouveau Président, M. *William Vermillion Houston*.

M. André Streinger, Président du Comité d'érection du Monument Condorcet à Ribemont (Aisne), invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration d'un monument érigé en l'honneur de Condorcet, qui aura lieu à Ribemont, le dimanche 27 avril 1947.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Albert Ranc. *Henri Becquerel et la découverte de la Radioactivité.*

2° *Études dédiées à la mémoire d'André M. Andréadès, publiées par un Comité d'amis et d'élèves sous la présidence de* K. Varvaressos.

3° Luciano Abeille. *Etapas de la vida medico-patricia del Doctor Juan Madera, procer de Mayo, 1er cirujano de los ejercitos de la independencia.* Tercera edicion.

4° Evgeni Nikanorovitch Pavlovski. *Manuel de parasitologie humaine* (en langue russe).

5° L. V. Polejaev. *Osnovi mekaniki razvitiia pozvonotchiik* (en langue russe).

6° Institut de recherches du coton et des textiles exotiques. *Coton et fibres tropicales* (*Cot. Fib. Trop.*), Volume I, fascicule 1, juin 1946.

7° Academia Nacional de Medicina de Buenos Aires. *Anales del Instituto de Investigaciones fisicas aplicadas a la patologia humana*, Ano I, volume I, 1940.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une propriété algébrique des équations de Cauchy-Riemann.* Note (1) de M. Stig Comét.

Soit $x_1, \ldots, x_n$ un système de variables réelles, interprété comme un point x d'un espace, et soit $y_1, \ldots, y_n$, indiquant le point y, un système de fonctions de ces variables. En désignant par x et y les matrices à une colonne formées des coordonnées des points, en écrivant ∂_k pour $\partial/\partial x_k$, et en appelant la matrice fonctionnelle $\theta = (\partial_1 y, \partial_2 y, \ldots, \partial_n y)$, nous avons pour les vecteurs différentiels dx et dy la relation

$$dy = \theta\, dx. \tag{1}$$

Pour tout point x fixé, cette relation implique une transformation linéaire de l'espace des vecteurs différentiels; on s'imagine cet espace attaché au point x fixé.

Si les fonctions y définissent une transformation conforme, on peut caractériser cette propriété à l'aide de l'espace différentiel d'une manière projective : si le vecteur arbitraire dx est transformé à $dx' = \mathrm{M}\, dx$ à l'aide d'une matrice M = matrice orthogonale, multipliée par un facteur scalaire, alors le vecteur dy, qui lui correspond d'après (1), sera transformé à $dy' = \mathrm{M}'\, dy$ à l'aide d'une

(1) Séance du 17 février 1947.

matrice M′ de la même espèce. Ainsi il suit, dx étant arbitraire,

$$M'\theta = \theta M, \tag{2}$$

d'où l'on peut conclure que la matrice $\tilde{\Theta}\Theta$ sera nécessairement commutative à toute matrice orthogonale ($\tilde{\theta}$ étant la matrice transposée de θ). Il suit que θ sera une matrice orthogonale, multipliée par un facteur scalaire, ce qui nous donne, dans le cas $n=2$, les équations de Cauchy-Riemann pour que $y_1 + iy_2$ soit une fonction analytique de $x_1 + ix_2$. Dans tous les cas où $n > 2$, cette propriété de θ, à savoir $\tilde{\theta}\theta = \lambda E$ (E étant la matrice unité), restreindra la famille de fonctions y à celle qu'on peut obtenir par des combinaisons d'inversions ([2]).

Un mode de généralisation de la notion de transformation conforme se présente immédiatement, les matrices M (M′) parcourant un groupe, arbitrairement fixé, de transformations linéaires au lieu du groupe orthogonal. Si ce groupe est commutatif, la condition (2) conduit aux fonctions d'une variable appartenant à un système hypercomplexe commutatif, étudiées par G. Scheffers ([3]). En général, chacune des fonctions y s'exprime en forme de fonction analytique d'une seule variable complexe, combinée éventuellement avec des polynomes à plusieurs variables. Cette généralisation est donc assez superficielle.

Nous voulons suivre un autre chemin : pour $n=2$, la condition (2) équivaut à la suivante

$$\theta = E_2 \theta \tilde{E}_2, \quad \text{où} \quad E_2 = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}. \tag{3}$$

C'est une équation linéaire en matrices, à laquelle doit satisfaire la matrice fonctionnelle θ. Elle se généralise, pour n quelconque, à

$$\sum_{j=1}^{n} \varepsilon_j E_j \theta \tilde{E}_j = 0, \tag{4}$$

où les matrices E_j ($j = 1, \ldots, n$), d'ordre n, forment une représentation des éléments de base e_j d'une certaine algèbre linéaire.

L'équation (3) implique les équations de Cauchy-Riemann. D'une manière analogue, (4) donne lieu à un système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre, linéaires et homogènes. On peut se demander : lesquels entre tous les systèmes d'équations sont exprimables sous la forme (4)? Écrivons un système

$$\nabla y = 0, \tag{5}$$

([2]) Liouville, *Journal de Math. pures et appl.*, 15, 1850, p. 103.

([3]) *Leipziger Berichte*, 45, 1893, pp. 828-848, et 46, 1894, pp. 120-134; *Comptes rendus*, 116, 1893, pp. 1114 et 1243.

où ∇ est une matrice opérateur, dont les éléments sont des combinaisons linéaires, avec des coefficients constants, des symboles $\partial_1, \ldots, \partial_n$ de dérivation, c'est-à-dire $\nabla = \sum_{k=1}^{n} A_k \partial_k$, où les A_k sont des matrices constantes.

En effet, la condition pour que le système (5) s'écrive sous la forme (4) est que les A_k ($k = 1, \ldots, n$) forment une représentation d'une base complète d'une algèbre linéaire *semi-simple*. Il suffit donc de regarder le cas, où cette algèbre est simple. Alors n est un entier carré, $n = p^2$, et la matrice ∇ peut être transformée (ce qui revient à un changement de variables) en une somme directe de p matrices carrées d'ordre p. Ainsi, le système (5) se décompose en p systèmes du type

$$\Omega y = 0, \tag{6}$$

où Ω est l'opérateur de dérivation employé par M. Turnbull ([4]) :

$$\Omega = \begin{pmatrix} \partial_{11} & \ldots & \partial_{1p} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ \partial_{p1} & \ldots & \partial_{pp} \end{pmatrix},$$

où $\partial_{jk} = (\partial / \partial x_{jk})$, tous les x_{jk} étant des variables indépendantes.

Remarquons que les systèmes d'équations qui caractérisent les fonctions régulières de quaternions, introduites par M. Fueter ([5]), sont précisément du type en question. La détermination de toutes les fonctions de M. Fueter est donc équivalente à la solution générale du système (6) pour $n = 4$, $p = 2$, c'est-à-dire

$$\begin{pmatrix} \partial_{11} & \partial_{12} \\ \partial_{21} & \partial_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = 0.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension topologique d'une formule de Poincaré.* Note ([1]) de Mme **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Gaston Julia.

H. Poincaré a défini analytiquement l'indice d'un cycle, puis l'indice d'un point singulier, en particulier l'indice d'un point singulier simple, pour une équation différentielle du premier ordre et du premier degré.

En utilisant la notion d'indice, il a ensuite établi en projection gnomonique la formule $n + f - c = 1$ pour une équation différentielle du premier ordre et du premier degré n'admettant à distance finie ou infinie que des points

([4]) *Proc. Edinburgh Math. Soc.*, 2e série, **1**, 1928, pp. 111-128; **2**, 1930-31, pp. 33-54 et 256-264.

([5]) *Commentarii math. helv.*, Zürich, **7**, 1934-35, pp. 307-330, et les travaux dans les tomes suivants.

([1]) Séance du 26 mars 1945.

singuliers simples des types nœuds, foyers ou cols, en nombres respectivement égaux à n, f et c.

Le cas où l'équation admettrait parmi ses points singuliers α centres conduit à la formule plus générale $n+f+\alpha-c=1$. Le cas d'un centre se présentait à H. Poincaré comme un cas limite du foyer. Il n'en est plus du tout de même dans l'étude qui suit, où l'on se place à un point de vue topologique.

La formule précédente peut être transformée si l'on utilise une projection stéréographique du plan, au lieu d'une projection gnomonique, ce qui revient à considérer que le plan admet un point à l'infini et non plus une droite à l'infini. La formule devient alors aisément $n+f+\alpha-c=2$.

Nous avons étudié directement la disposition graphique d'un réseau de courbes tracées sur une sphère et n'admettant pas d'autres points singuliers que des points présentant les caractéristiques géométriques des points singuliers des types suivants :

1° *Nœud.* — Toute courbe passant assez près d'un tel point y aboutit nécessairement. Il n'existe pas de région nodale fermée aboutissant à un nœud.

2° *Foyer.* — Au voisinage d'un foyer F, toutes les courbes sont des spirales admettant F comme point asymptote.

Les nœuds et les foyers jouent des rôles identiques au cours de nos raisonnements.

3° *Centre.* — Au voisinage d'un centre Γ toutes les courbes sont des courbes fermées entourant Γ.

4° *Col.* — Quatre branches de courbes aboutissent au col, séparant quatre secteurs répulsifs.

Ces quatre sortes de points présentent les caratéristiques topologiques des quatre sortes de points singuliers simples. Nous les désignerons pour simplifier sous le nom de *points singuliers simples*; d'ailleurs, ces points ne sont pas nécessairement des points singuliers simples au sens habituel du mot; mais tout point singulier simple au sens habituel pour une équation différentielle du premier ordre et du premier degré rentre dans l'un des quatre types précédents.

Nous supposons que le nombre de nœuds est n, celui des foyers f, celui des centres α et celui des cols c.

Dans ces hypothèses, nous avons montré d'abord, géométriquement, que, si le nombre total de points singuliers est supérieur à 2, parmi les points singuliers figurent certainement des cols. Nous avons pour cela utilisé le fait que toute séparatrice entre deux familles de courbes telles que les courbes d'une même famille se déduisent par déformations continues les unes des autres, aboutit nécessairement à un col, à l'une de ses extrémités au moins.

Puis nous avons établi, toujours géométriquement, et sans faire intervenir la notion algébrique d'indice, la formule de Poincaré relative au nombre total de points singuliers $n+f+\alpha-c=2$.

Pour cela nous avons étudié l'influence, sur le réseau de courbes de déforma-

tions continues amenant plusieurs points singuliers simples à se fondre pour donner un point singulier d'un type nouveau.

Nous avons montré que l'on pouvait toujours amener les cols à se fondre en choisissant convenablement l'ordre des points et le mode de déformation, de façon à ne pas modifier le nombre ni la nature des autres points singuliers du réseau étudié, et à remplacer les cols par un point singulier unique admettant $2c+2=2p$ secteurs répulsifs, un certain nombre de secteurs nodaux ouverts, mais n'admettant aucun secteur nodal fermé.

Nous avons montré ensuite que le nombre $(n+f+\alpha)$ des points singuliers restants est égal à $p+1$, d'où nous déduisons la formule

$$n+f+\alpha=p+1=\frac{2c+2}{2}+1=C+2$$

et, par suite, nous retrouverons ainsi géométriquement la formule de Poincaré

$$n+f+\alpha-C=2. \tag{1}$$

Ce que nous venons de voir s'applique à un réseau de courbes quelconque n'admettant que des points singuliers des quatre types définis plus haut. Nous ne supposons à aucun moment que le réseau coïncide avec le réseau d'intégrales d'une équation différentielle.

Un cas particulier spécialement important est celui du réseau des intégrales d'une équation différentielle du premier ordre et du premier degré, qui n'admet que des points singuliers simples au sens habituel du mot. Ce cas particulier était le seul envisagé par Poincaré lors de l'établissement de la formule (1).

Un autre cas plus général est celui du réseau des intégrales d'une équation différentielle du premier ordre et du premier degré, pouvant admettre des points singuliers multiples, pourvu que ceux-ci présentent les caractères topologiques des quatre types de points que l'on a définis. C'est le cas par exemple de l'équation

$$x^3(x^2-1)\,y'=y.$$

Cette équation admet en $y=0$, $x=\pm 1$ deux points singuliers simples au sens habituel du mot, qui sont des nœuds. En outre, elle admet à l'origine un point multiple d'ordre 3 qui présente les caractères topologiques d'un col. Enfin, son point singulier à l'infini est un point singulier multiple d'ordre élevé qui a les caractères topologiques d'un nœud. On a donc $c=1$, $n=2+1=3$, $f=\alpha=0$, et l'on a bien $n+f+\alpha-c=3-1=2$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Tribus et* lieux *attachés à une classe ordonnée de sous-espaces d'un espace de Hilbert-Hermite*. Note [1] de M. **Otton Martin Nikodym**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Appelons : *classe ordonnée* toute famille (L) d'espaces [2] contenant o et ι et, telle que, si $a, b \in (L)$, on a, ou bien $a \subseteq b$ ou bien $b \subseteq a$; *segment* de (L) tout $a - b \neq o$ où $a, b \in (L)$; *extension borélienne* de (L) la plus petite tribu (T_L) dénombrablement additive contenant (L). La classe (L) s'appelle *dénombrablement* (resp. *complètement*) *fermée* lorsqu'elle contient toute somme et tout produit dénombrables (resp. quelconques) de ses éléments. Si ι est séparable, il existe dans chaque tribu dénombrablement additive (T) une sous-classe ordonnée (L) telle que $(T_L) = (T)$.

2. Dans ce qui va suivre, nous supposerons que ι est séparable. Soit (L) une classe ordonnée et fermée [3]. Par *lieu* A en a où $a \in (L)$, $a \neq o$, nous entendons l'ensemble de tous les segments $p = a - x$ où $x \subset a$, $x \in (L)$; ceux-ci s'appellent *voisinages* de A. Le lieu A s'appelle *agrégé* à la *couverture* α (o ou somme de segments) lorsqu'il existe un voisinage p de A tel que $p \subseteq \alpha$. La couverture α s'appelle *couverture d'un ensemble* $\mathcal{E}$ de lieux lorsque tout lieu $A \in \mathcal{E}$ est agrégé à α. Soit F le complémentaire de $\mathcal{E}$ par rapport à la totalité I des lieux. Le produit spatial $\prod_\alpha \alpha$ de toutes les couvertures α de $\mathcal{E}$ s'appelle *support extérieur* $e^\star$ *de* $\mathcal{E}$; l'espace $e_* = \iota - f^\star$ s'appelle le *support intérieur* de $\mathcal{E}$; Si $e_* = e^\star$, l'ensemble $\mathcal{E}$ est dit *mesurable* et $e = e^\star$ s'appelle son *support*. L'ensemble vide ainsi que l'ensemble des lieux agrégés à un segment sont mesurables.

La somme et le produit dénombrables d'ensembles mesurables sont mesurables et il en est de même pour le complémentaire et la différence. Les relations $\mathcal{E} = \sum_n \mathcal{E}_n$, $\mathcal{E} = \prod_n \mathcal{E}_n$, $\mathcal{E} = F - G$, $\mathcal{E} = \operatorname{co} F$ [4], $\mathcal{E} \subseteq F$ entraînent pour les supports respectifs les relations analogues $e = \sum_n e_n$, $e = \prod_n e_n$, $e = f - g$, $e = \operatorname{co} f$, $e \subseteq f$.

3. Soit μ une mesure effective sur (T_L). Posons pour $\mathcal{E}$ mesurable : $\mu(\mathcal{E}) = \mu(e)$. Si $\mu(\mathcal{E}) = 0$, on a aussi $\mu(F) = 0$ pour tout $F \subseteq \mathcal{E}$. La théorie lebesguienne de la mesure s'applique aux ensembles mesurables de lieux. Une fonction réelle $f(A)$ du lieu A variable, définie sur I, est dite *mesurable* lorsque pour

---

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) Nous conservons les notations et dénominations de la Note précédente (*Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 524).

(3) Si ι est séparable, la fermeture dénombrable coïncide avec la fermeture complète.

(4) $\operatorname{co} F = I - F$.

tout λ réel l'ensemble des A où $f(A) \leq \lambda$, est mesurable; une fonction $F(A)$ à valeurs complexes s'appelle mesurable lorsque ses parties réelle et imaginaires sont mesurables. La théorie des intégrales de M. Fréchet [5] s'applique et, par conséquent, on peut parler de fonctions complexes aux carrés sommables.

4. Soit $\vec{\omega}$ un vecteur générateur de $\imath$ par rapport à (T_L) et soit $\mu(a) = |\text{Proj}_a \vec{\omega}|^2$ pour $a \in (T_L)$. Posons $\Omega(A) = 1$ partout et $\Omega_{\mathcal{E}}(A) = 0$, si $A \overline{\in} \mathcal{E}$ et $\Omega_{\mathcal{E}}(A) = 1$, si $A \in \mathcal{E}$. Faisons correspondre aux fonctions *en escalier* $\sum_i \lambda_i \Omega_{\mathcal{E}_i}(A)$ les vecteurs $\sum_i \lambda_i \text{Proj}_{e_i} \vec{\omega}$ où e_i est le support de $\mathcal{E}_i$, $\mathcal{E}_i \in (T_L)$, (λ_i nombres complexes et Σ finie). Cette correspondance se prolonge en une correspondance **R** hémimorphe, homéomorphe et isométrique entre les fonctions complexes $F(A)$ définies presque μ partout sur I et aux carrés sommables, d'une part, et les vecteurs de $\imath$, d'autre part. Si $X(A) \sim \vec{x}$, $Y(A) \sim \vec{y}$, on a $\int_I \overline{X(A)}\, Y(A)\, d\mu_A = (\vec{x}, \vec{y})$. A deux fonctions F et G correspond le même vecteur si et seulement si F et G ne diffèrent que sur un ensemble de μ mesure nulle.

5. La théorie des lieux permet de démontrer les théorèmes suivants : *La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe un vecteur générateur de* $\imath$ *par rapport à* (T) *est que* (T) *soit saturée. Si* (T) *est saturée, les propriétés suivantes sont équivalentes :* 1° $\vec{\omega}$ *est un vecteur générateur ;* 2° *la mesure de* $\mu(a) = |P_a \vec{\omega}|^2$ *sur* (T) *est effective ;* 3° *Si* $a \in (T)$ *et* $\vec{\omega} \in a$, *on a* $a = \imath$. *Quelle que soit la tribu* (T), *pour toute mesure* $\nu(a)$ *dénombrablement additive sur* (T), *il existe un vecteur* $\vec{x} \in \imath$ *tel que* $\nu(a) = |\hat{P}_a \vec{x}|^2$ *pour tout* $a \in (T)$.

6. Soient $\vec{y} = \mathcal{H}(\vec{x})$ une transformation self-adjointe dans $\imath$, $\{E_\lambda\}$ $(-\infty \leq \lambda \leq +\infty)$ son échelle spectrale d'espaces invariants. Appelons *tribu spectrale* (S) de $\mathcal{H}$ l'extension borélienne de la classe ordonnée $\{E_\lambda\}$. Si (S) n'est pas saturée, il existe une suite au plus dénombrable de vecteurs $\vec{\zeta}_n$ telle que, si l'on pose $p_n = M_T((\vec{\zeta}_n))$, les p_n soient orthogonaux et $\sum p_n = \imath$. La plus petite tribu dénombrablement additive (T^*) contenant (S) et les p_n, existe et est saturée. Il existe un vecteur générateur $\vec{\omega}$ appartenant au domaine de $\mathcal{H}$. La tribu (T^*) est l'extension borélienne de la classe ordonnée $\{p_0 + \ldots + p_{n-1} + p_n E_\lambda\}$, où $p_0 = o$, $n = 1, 2, \ldots$. Si l'on considère les lieux de la fermeture de cette

---

([5]) *Sur l'intégrale d'une fonctionnelle étendue à un ensemble abstrait* (*Bull. Soc. math. de France*, 43, 1915); voir aussi O. Nikodym, *Fund. Math.*, 14, 1929.

classe, on obtient par **R** la forme canonique $\mathcal{H}[X(A)] = \Phi(A).X(A)$, où $\Phi(A)$ est réelle et non décroissante sur tout segment p_n. Cela jette de la lumière sur le phénomène de multiplicité du spectre continu.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence absolue des séries trigonométriques.* Note de M. **Jean Arbault**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On sait [1] que l'ensemble de convergence absolue d'une série trigonométrique $\Sigma \rho_n \cos(nx - \varphi_n)$ se déduit de l'ensemble analogue relatif à la série $\Sigma \rho_n \sin nx$ par une translation qui amène un point du premier ensemble à l'origine. Nous nous limiterons aux séries σ de sinus; pour ces séries on a l'inégalité triangulaire

$$|s(b) - s(a)| \leq s(b \pm a) \leq s(b) + s(a),$$

où $s(x)$ désigne la somme $\Sigma \rho_n |\sin nx|$ qui peut être infinie. Il en résulte que si σ converge absolument en a et en b, elle a la même propriété en $a+b$ et $a-b$; si σ converge absolument en a et non en b, la série ne converge absolument ni en $a+b$ ni en $a-b$.

L'objet de la présente Note est l'étude de la convergence absolue d'une telle série sur un ensemble parfait totalement discontinu.

Supposons que P soit d'absolue convergence pour σ. Il résulte d'une théorie classique due à M. A. Denjoy [2] que la somme $s(x)$ est bornée sur P, sauf peut-être sur un ensemble fermé H(P) non dense sur p, et telle que, pour toute portion ϖ de P sans point commun avec H(P), $s(x)$ est bornée par un nombre $\alpha(\varpi)$ indépendant de x variant sur ϖ.

M. R. Salem a introduit des ensembles parfaits symétriques [3] et a indiqué [4] une condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une série de sinus qui converge absolument presque partout sur l'ensemble, c'est-à-dire pour que l'ensemble soit presque partout de type N d'après la terminologie de M. Salem, la mesure étant une mesure de Stieltjes relative à une fonction scalaire croissante et continue relative à l'ensemble parfait considéré.

Soit un tel ensemble P parfait symétrique d'absolue convergence pour une série σ. Il existe une infinité dénombrable de translations qui laissent l'ensemble invariant et qui transforment dans leur ensemble un point de P en une suite partout dense sur P. L'application de l'inégalité triangulaire montre que

---

(1) R. Salem, *Duke Mathematical Journal*, 8, n° 2, juin 1941, p. 319, et J. Arbault, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 592.

(2) *Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique*, 2e partie, pp. 139-148.

(3) *Bull. amer. Math. Soc.*, 47, 1941, pp. 820-828.

(4) R. Salem, *loc. cit.*, note (1), p. 325.

si $s(x)$ est bornée au voisinage d'un point ζ de P, $s(x)$ est bornée en tout point de P, donc est absolument bornée. Pour un ensemble parfait symétrique, H(P) est toujours vide. On peut énoncer :

Si une série de sinus converge absolument sur un ensemble parfait symétrique, sa somme $s(x)$ y est bornée.

Conséquences. — 1. Pour qu'un ensemble parfait symétrique soit un N-ensemble, il faut qu'il existe une série de sinus absolument convergente aux points de première espèce avec une somme $s(x)$ bornée. (Cette condition est, en vertu de la semi-continuité inférieure de $s(x)$, suffisante pour un ensemble parfait quelconque.)

2. Soit un ensemble parfait symétrique P; une série de sinus qui ne converge pas absolument en un point de P a la même propriété sur un ensemble partout dense sur P.

3. Si sur P, on a convergence sur une plénitude, la mesure étant une mesure conventionnelle choisie telle que P soit épais en tout point, il y a sûrement convergence absolue en tout point de première espèce.

4. Si sur P, une série de sinus converge absolument aux points de première espèce et ne converge pas absolument en un point de seconde espèce, on peut déterminer une suite ξ_r de points de P et une suite p_r croissante d'entiers telles que les sommes $S_{p_r}(\xi_r)$ tendent vers $+\infty$ avec r. Il résulte des travaux de M. A. Denjoy ([5]) que la série ne converge absolument en aucun point d'un ensemble résiduel de P.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'invariance relativiste de l'opérateur d'interaction de deux corpuscules.* Note de M. **Serge Slansky**.

En l'absence d'interaction, l'équation d'ondes d'un système de deux corpuscules est de la forme

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial ct}\Psi = (H_1 + H_2)\Psi, \tag{1}$$

H_1 et H_2 étant les hamiltoniens des deux corpuscules pris isolément. L'invariance relativiste de cette équation peut se montrer en remarquant que si l'on attribue un temps t_j distinct à chaque corpuscule, on peut écrire un système

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial ct_j}\Psi = H_j\Psi, \qquad (j = 1, 2) \tag{2}$$

qui est invariant par la transformation de Lorentz et qui donne l'équation (1) lorsqu'on fait $t_1 = t_2 = t$.

Dans le cas d'un système en interaction, on peut chercher à appliquer la

([5]) *Loc. cit.*, p. 178.

même méthode en partant de deux équations de la forme (2) avec

$$H_j = H_j^{(0)} + R_j,$$

$H_j^{(0)}$ étant l'hamiltonien du corpuscule (j) supposé seul. En identifiant les temps des deux corpuscules, on obtient une équation de la forme

$$\frac{\partial}{\partial ct}\Psi = (H_1^{(0)} + H_2^{(0)} + R)\Psi \tag{3}$$

avec

$$R = (R_1 + R_2)_{t_1 = t_2}.$$

Nous admettrons que l'équation (3) ainsi obtenue est valable, que le système dont on est parti soit compatible ou non lorsqu'on suppose les temps t_1 et t_2 distincts, et que les opérateurs R_1 et R_2 doivent être tels que les équations (2) soient invariantes par la transformation de Lorentz. Pour un système de deux corpuscules de spin 1/2, nous trouvons alors pour l'opérateur d'interaction R une expression de la forme

$$R = \Big[A_1\alpha_4^{(1)} + A_2\alpha_4^{(2)} + (B_1\alpha_4^{(1)} + B_2\alpha_4^{(2)})\vec{\alpha}^{(1)}\vec{\alpha}^{(2)} + (C_1\alpha_4^{(1)} + C_2\alpha_4^{(2)})\vec{s}^{(1)}\vec{s}^{(2)} + (D_1\alpha_4^{(1)} + D_2\alpha_4^{(2)})\alpha_5^{(1)}\alpha_5^{(2)}\Big]\delta(r),$$

$\vec{s}^{(1)}$ et $\vec{s}^{(2)}$ désignant les spins des deux corpuscules, r leur distance. Cette formule ne tient pas compte de la symétrie de l'interaction par rapport aux deux corpuscules. Si l'on tient compte du fait que, physiquement, on ne sait pas comment l'énergie d'interaction se répartit entre les corpuscules, il faut que l'opérateur R puisse s'obtenir à partir de deux opérateurs R_1 et R_2 dont on peut échanger les rôles, c'est-à-dire que l'on doit pouvoir porter R_2 dans H_1 et R_1 dans H_2, en conservant l'invariance du système (2). Il en résulte des relations entre les coefficients A_1, B_1, C_1, D_1, A_2, B_2, C_2, D_2, et nous avons finalement à un facteur constant près,

$$R = (\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)})\left(1 + \vec{\alpha}^{(1)}\vec{\alpha}^{(2)}\right)(1 + \alpha_5^{(1)}\alpha_5^{(2)})\,\delta(r).$$

En utilisant une certaine généralisation de la transformation de Lorentz où ne figure qu'un temps pour tout le système au lieu d'un temps pour chaque corpuscule, nous avions trouvé, en collaboration avec M. Jean-Louis Destouches [1], une autre expression pour l'opérateur d'interaction de deux corpuscules. A part le remplacement de la fonction $\delta(r)$ par une fonction $f(r)$ plus générale, l'expression trouvée précédemment se déduit de celle indiquée ici par une multiplication par $(\alpha_4^{(1)} + \alpha_4^{(2)})$.

Suivant que l'on emploie un temps pour chaque corpuscule ou un temps unique pour le système, le temps n'a pas tout à fait la même signification en ce qui concerne les mesures portant sur l'état interne du système, et il peut

---

(1) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 473.

s'introduire des différences dans la représentation de certaines grandeurs physiques. Suivant la représentation adoptée, à des mesures précises et simultanées effectuées sur les corpuscules d'un système par un observateur donné, correspondent pour un autre observateur, soit des mesures précises mais en général, non simultanées, soit des mesures simultanées mais imprécises.

Dans tous les cas on n'a qu'une représentation approximative de la réalité, car on n'est pas arrivé à tenir compte de manière rigoureuse du fait que, comme le montre par exemple la théorie ondulatoire des signaux ([2]), l'instant où l'on effectue une mesure est toujours affecté d'une certaine indétermination.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *ds^2 d'Univers dans la matière en mouvement.* Note de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous nous proposons d'exprimer le ds^2 donnant la structure géométrique de l'éther, dans le tube d'Univers d'un corpuscule doué de symétrie sphérique, en translation uniforme, en fonction de la densité ρ et de sa vitesse u.

A l'intérieur du corpuscule (foyer d'énergie quasi ponctuel) nous considérons les coordonnées spatiales ξ^a (dans le repère Σ lié au foyer) ([1]), au voisinage du centre de symétrie Ω, comme des quantités infiniment petites. Dans ces conditions, nous avons obtenu la forme des potentiels de gravitation $\varpi^{\alpha\beta}$ réduits au second ordre

$$(1)\quad \begin{cases} \varpi^{aq} = \alpha(\delta^{aq} - \lambda\xi^a\xi^q) & (a, q \neq 4,\ \delta^{aq} : \text{symbole de Kronecker}), \\ \varpi^{b4} = 0 \quad (b : 2, 3); & \varpi^{14} = i\varkappa g^{44}(x) \quad (\varkappa = u/c), \\ \varpi^{44} = \dfrac{2}{\gamma}\,\dfrac{\tau}{1+\tau}\left[1 + \dfrac{1}{2}(1+\tau)\nu r^2 - 2\lambda\dfrac{\tau^2}{1+\tau}v^2(\xi^1)^2\right], \end{cases}$$

avec $\varpi_{44} = \gamma(1 - \nu r^2)$, $v^2 = \varkappa^2/\alpha\gamma$, $\tau^{-1} = \sqrt{1 + 4v^2}$.

Pour passer de Σ au repère S fixe dans l'éther, la transformation de Galilée ([2]) $\xi^1 = x^1 + i\varkappa x^4$, $\xi^2 = x^2$, $\xi^3 = x^3$, $\xi^4 = x^4$ nous donne d'abord (en ajoutant la condition $g^{a4}(x) = 0$ $(a \neq 4)$ du retour inverse des ondes),

$$(2)\quad \begin{cases} g^{11} = \varpi^{11} + \varkappa^2\varpi^{44}, & g^{44} = \varpi^{44} = g_{44}^{-1}, \\ g^{pq} = \varpi^{pq} \quad (p \text{ ou } q \neq 1), & g^{a4} = 0 \quad (a \neq 4). \end{cases}$$

Nous évitons le laborieux calcul, sous forme finie, des $g_{ab}(x)$ en fonction des $g^{\gamma\delta}(x)$, en utilisant l'identité connue

$$(3)\quad \partial_q g^{\gamma\delta} = -g^{\gamma\lambda}g^{\delta\mu}\partial_q g_{\lambda\mu},$$

([2]) J.-L. Destouches, *Principes fondamentaux de physique théorique*, Paris, 1942.

([1]) Dans le but de simplifier la typographie de cette Note nous avons en partie changé les notations de nos précédentes Notes (*Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 262).

([2]) Rappelons que nous pourrions utiliser le groupe plus général des déplacements cayleyiens.

réduite au premier ordre ([3]). Toutes intégrations faites, on obtient au second ordre

$$(4)\quad \begin{cases} g_{11}=\dfrac{\tau}{\alpha}\left[1+\dfrac{1-\tau}{1+\tau}(1-\nu r^2)+\lambda(x^1+i\varkappa x^4)^2\right] \qquad (x^4=ict), \\ g_{1b}=2\dfrac{\lambda}{\alpha}\dfrac{\tau}{1+\tau}(x^1+i\varkappa x^4)x^b \quad (b:2,3), \qquad g_{bc}=\dfrac{1}{\alpha}(\delta_{bc}+\lambda x^b x^c) \quad (c:2,3), \\ g_{a4}=0, \qquad g_{44}=\dfrac{\gamma}{2}\left(1+\dfrac{1}{\tau}\right)\left[1-\dfrac{1}{2}(1+\tau)\nu r^2+2\lambda\dfrac{\tau^2}{1+\tau}\rho^2(x^1+i\varkappa x^4)^2\right]. \end{cases}$$

Les formules (3) et (4) permettent le calcul du tenseur sans divergence d'Einstein-Cartan $L_\alpha^\beta \equiv R_\alpha^\beta - (1/2)\, g_\alpha^\beta R$ au centre du corpuscule, c'est-à-dire à l'ordre 0 en ξ^0. Il est, en effet, facile de vérifier au moyen de ces formules que les symboles de Christoffel $\Gamma_{\alpha\beta}^\gamma$ sont nuls ou du premier ordre au moins; de sorte qu'à l'ordre 0

$$(5)\qquad R_\beta^\gamma = \frac{1}{2} g^{\gamma\gamma} g^{\delta\delta}(\partial_{\delta\delta} g_{\beta\gamma} + \partial_{\beta\gamma} g_{\delta\delta} - \partial_{\delta\gamma} g_{\beta\delta} - \partial_{\beta\delta} g_{\delta\gamma}).$$

Dans Σ, on trouve, en particulier, pour le *courant d'énergie* Θ_4^a, lié au tenseur sans divergence Λ_α^β par la relation $\Lambda_4^a = A\Theta_4^a$,

$$(6)\qquad \Theta_4^1 = 2i\frac{\alpha}{A}\varkappa\tau\left(\nu - \frac{\lambda}{1+\tau}\right), \qquad \Theta_4^b = 0 \quad (b:2,3).$$

Comme ces composantes doivent être nulles dans le repère de repos Σ, il faut ou bien $\varkappa = 0$ (exclu ici), ou bien

$$(7)\qquad \lambda = \nu(1-\tau).$$

En tenant compte de cette condition, on obtient, après d'assez longs calculs,

$$(8)\quad \begin{cases} \Lambda_p^q = -3\,\delta_p^q \alpha\nu\left(1+\dfrac{\tau}{3}\right) \qquad (\delta_p^q : \text{symbole de Kronecker}), \\ \Lambda_1^4 = i\alpha\nu\dfrac{1-\tau}{\varkappa}; \qquad \Lambda_b^4 = 0 \qquad (b:2,3), \\ \Lambda_4^a = 0, \qquad \Lambda_4^4 = -3\alpha\nu(1+\tau), \end{cases}$$

L'équation aux $p_{(\lambda)}$: $(\Lambda_\alpha^\beta - \Lambda p\varpi_\alpha^\beta) = 0$ ([4]), donne alors

$$p_{(1)}(\Omega) = p_{(2)}(\Omega) = p_{(3)}(\Omega) = p, \qquad p_{(4)} = \rho,$$

et

$$(9)\qquad \lambda = -\frac{1}{3}\frac{A}{\alpha}\rho, \qquad \nu = -\frac{1}{3}\frac{A}{\alpha}\frac{1}{1+\tau}\rho, \qquad p = \frac{1}{3}\frac{3+\tau}{1+\tau}\rho.$$

Ainsi λ, ν, p sont exprimés en fonction des données mécaniques ρ et $\varkappa$ propres au corpuscule et des coefficients α et γ qui dépendent des conditions de raccord avec le champ extérieur. Le tableau (4) donne alors l'expression du ds^2 dans le tube d'Univers du corpuscule, en fonction de ces quantités.

([3]) On peut obtenir directement g_{11} par la relation $g_{44} = \varpi_{44} + \varkappa^2 g_{11}$.

([4]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 232.

En particulier, pour le cas limite du mouvement nul ($\varkappa \to 0$, $\tau \to 1$), on trouve, en coordonnées polaires (⁵),

$$ds^2 = \frac{1}{\alpha}\left(1 - \frac{1}{3}\frac{A}{\alpha}\rho r^2\right) dr^2 + \frac{1}{\alpha} r^2(\sin^2\theta \, d\varphi^2 + d\theta^2) - \gamma c^2 \left(1 + \frac{1}{6}\frac{A}{\alpha}\rho r^2\right) dt^2.$$

Cette solution est comprise dans la solution générale de J. Haag pour le cas du repos permanent (⁶).

ASTROPHYSIQUE. — *Mesures spectrophotométriques sur le spectre du ciel nocturne* (λλ 4600-3100). Note (¹) de M. **Daniel Barbier.**

1. Des spectres du ciel nocturne aux distances zénithales 10° et 80° ont été obtenus à l'Observatoire de Haute-Provence. Ils ont été étalonnés spectrophotométriquement. Par suite de très longues durées de pose, les méthodes d'étalonnage sont assez difficiles à mettre en œuvre et les résultats ne sont pas d'une très haute précision. En ce qui concerne la comparaison des spectres des deux distances zénithales, tout au moins, les erreurs photométriques ne peuvent être importantes, car dans le domaine spectral étudié (λλ 4600-3100 Å) les noircissements sont presque identiques.

2. Le contour des bandes de Herzberg de l'oxygène a été corrigé de l'effet instrumental. Il peut s'expliquer par une température des couches luminescentes comprise entre −50 et −100° C. La limite supérieure est en accord avec les déterminations de Vegard et Tønsberg (²) relatives aux bandes de N_2 dans l'aurore polaire et aux observations de Cabannes et Dufay (³) des bandes de Vegard-Kaplan du ciel nocturne.

3. La comparaison des spectres pris aux deux distances zénithales permet de déterminer l'altitude d'émission des bandes en utilisant la méthode déjà publiée (⁴) pour l'application des corrections de diffusion.

On trouve que les bandes de Vegard-Kaplan de N_2 sont émises à une altitude nettement supérieure à l'altitude à laquelle sont émises les bandes de Herzberg de O_2. Ce résultat ne paraît pas pouvoir être entaché par des erreurs photométriques. Les altitudes d'émission seraient de 900^{km} pour N_2 et de 350^{km} pour O_2. Cette dernière altitude paraît assez constante alors que la première semble varier.

(⁵) La densité ρ étant supposée positive, la force gravifique doit être négative (Newton), tandis que la force des tensions $\Phi^a = \rho\alpha\nu(1 - \lambda r^2/1 - \nu r^2)\xi^a$, qui l'équilibre, doit être positive. On en déduit $\nu > 0$, donc $A < 0$ (avec α, $\gamma > 0$).

(⁶) *Mémorial des Sciences Mathématiques*, fasc. XLVI, p. 15.

(¹) Séance du 24 février 1947.

(²) *Geofys. Publik.*, 9_{11}, 1932; $\mathbf{11}_2$, 1935; $\mathbf{12}_3$, 1938.

(³) *Annales de Géophysique* (sous presse.)

(⁴) *Annales de Géophysique*, 2, 1944, p. 144.

4° *L'altitude équivalente* d'émission du fond continu s'abaisse assez régulièrement de 1600^{km} à 4500 Å pour devenir égale à celle des bandes de Vegard-Kaplan à 4000 Å et de 500^{km} environ vers 3500 Å. Ceci montre, comme je l'avais prévu antérieurement (4)(5), et comme cela avait été mesuré par Dufay et Tcheng Mao-Lin (6), qu'une partie appréciable de la lumière du fond continu provient de notre atmosphère. Il paraît tout à fait évident qu'elle est constituée par les ailes des bandes intenses; c'est en effet un moyen simple d'expliquer la discontinuité importante du spectre continu qui prend place vers 4000 Å, c'est-à-dire à l'endroit du spectre où les bandes de Vegard-Kaplan commencent (lorsqu'on va vers les grands λ) à devenir intenses.

5. On calcule que vers 4500 Å et 3700 Å, 1/3 seulement de la lumière du *spectre continu* provient de l'extérieur de notre atmosphère, 2/3 sont formés dans le premier cas par les ailes des bandes de Vegard-Kaplan et dans le deuxième cas par les ailes des bandes de Herzberg. Rappelons que pour des longueurs d'onde de l'ordre de 5500-6000 Å, Dufay et Tcheng Mao-Lin (6) avaient trouvé une plus grande proportion (2/3) de lumière extra-terrestre.

6. Il n'est plus difficile maintenant de réconcilier les mesures de la brillance photographique du ciel nocturne avec les causes connues. Si cette brillance est dénotée 100, on attribue une brillance de 20 aux raies proprement dites, des 2/3 du reste, soit 53 aux ailes des raies, de 15 à la brillance due à l'extension de la lumière zodiacale déduite par Dufay des mesures polarimétriques (7), ce qui laisse une brillance de 12 à attribuer à la lumière des étoiles faibles, résultat à comparer au calcul de Dufay et Wang Shih-Ky (8) qui avaient obtenu 15 à 22 d'après les dénombrements stellaires. Étant donné que certaines des approximations utilisées ci-dessus sont loin d'être précises, on peut considérer que l'accord est maintenant réalisé.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles mesures de l'intensité de la pesanteur en Algérie. Mise en évidence d'une corrélation sismo-gravimétrique*. Note (1) de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Le tableau ci-contre présente les résultats obtenus durant le deuxième semestre 1946 au moyen du gravimètre Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger. Les notations sont conformes aux prescriptions du Comité national de Géodésie. Les nombres des colonnes g, g_0, g''_0, γ_0, γ'_0 sont les appoints en

(5) *Annales de Géophysique*, 3, 1945, p. 224.

(6) *Note préliminaire du Laboratoire National de Radioélectricité*, n° 80, 1946.

(7) *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 10_9, 1928, p. 159, ou *Thèse*.

(8) *Journal des Observateurs*, 18, 1935, p. 193, ou *Publ. Obs. Lyon*, 1_{13}.

(1) Séance du 24 février 1947.

Stations.	Longitude Greenwich.	Latitude.	Altitude.	Densité.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$
	° ′	° ′	m		mgals	mgals	mgals	mgals	mgals	mgals	mgals	mgals	mgals
in Skrouna	0 50,2 E	34 30,3	1000	2,5	442	751	646	688	704	+ 63	— 42	+ 47	— 58
rib	2 33,9	36 09,7	457	2,5	726	867	819	829	844	+ 38	— 10	+ 23	— 25
fraoua	0 11,3	34 35,7	1152	2,5	422	778	657	696	712	+ 82	— 39	+ 66	— 55
Kreider	0 04,1	34 09,0	992	2,5	399	705	601	658	674	+ 47	— 57	+ 31	— 73
uireg	0 45,7	33 45,9	1239	2,5	314	696	566	626	642	+ 70	— 60	+ 54	— 76
u-Alam	1 32,2	33 44,2	1304	2,5	293	695	558	624	640	+ 71	— 66	+ 55	— 82
-Kerakiz	1 21,4	33 37,8	1340	2,5	266	679	539	615	631	+ 64	— 76	+ 48	— 92
el-Hattab	0 42,4	34 00,8	1080	2,5	366	699	586	646	662	+ 53	— 60	+ 37	— 76
issifa	0 32,5	34 08,8	1040	2,5	406	728	619	658	674	+ 70	— 39	+ 54	— 55
edjra	0 42,8	34 13,3	1023	2,5	406	722	615	664	680	+ 58	— 49	+ 42	— 65
in-Souen	1 01,5	34 11,7	1040	2,5	402	723	614	662	678	+ 61	— 48	+ 45	— 64
reneg-es-Soug	1 15,9	34 12,4	1099	2,5	394	733	618	663	679	+ 70	— 45	+ 54	— 61
u-Grara	1 14,9	33 59,6	1197	2,5	336	705	580	645	661	+ 60	— 65	+ 44	— 81
ézina	1 15,9	33 05,9	887	2,5	317	591	498	571	587	+ 20	— 73	+ 04	— 89
hassoul	1 11,9	33 22,9	1152	2,5	277	633	512	594	610	+ 39	— 82	+ 23	— 98
in-el-Orack	0 44,1	33 24,6	1292	2,5	241	640	504	596	612	+ 44	— 92	+ 28	—108
rba-Tahtani	0 35,0	33 05,5	1054	2,5	287	612	502	570	586	+ 42	— 68	+ 26	— 84
-Abiod-Sidi-Cheik	0 33,1	32 53,6	914	2,5	283	565	469	554	570	+ 11	— 85	— 05	—101
lfaville	0 19,5	33 51,4	1163	2,5	333	692	570	634	650	+ 58	— 64	+ 42	— 80
ouktoub	0 05,3	34 02,1	998	2,5	392	700	595	648	664	+ 52	— 53	+ 36	— 69
l-Biod	0 07,4 W	33 46,0	1040	2,5	363	684	575	626	642	+ 58	— 51	+ 42	— 67
in-Balloul	0 28,3 E	34 59,3	1015	2,5	491	804	698	729	745	+ 75	— 31	+ 59	— 47
m 50	0 34,2	35 12,7	622	2,5	612	804	739	747	763	+ 57	— 08	+ 41	— 24
renda	1 02,9	35 03,8	1014	2,5	487	800	694	735	751	+ 65	— 41	+ 49	— 57
rézel	1 29,5	35 11,4	1080	2,5	489	822	709	746	762	+ 76	— 37	+ 60	— 53
olière	1 37,3	35 51,3	995	2,5	562	869	765	802	818	+ 67	— 37	+ 51	— 53
rancis Garnier	1 32,7	36 32,0	188	2,5	892	950	930	861	876	+ 89	+ 69	+ 74	+ 54
ort-Gueydon	4 25,3	36 53,6	30	2,6	987	996	993	892	907	+104	+101	+ 89	+ 86
oudjima	4 09,6	36 48,7	372	2,6	898	1014	973	886	901	+128	+ 87	+113	+ 72
ellys	3 55,0	36 55,0	5	2,6	991	993	992	895	910	+ 98	+ 97	+ 83	+ 82
ghrib	4 19,3	36 48,3	567	2,6	855	1030	968	885	900	+145	+ 83	+130	+ 68
lérouna	4 18,7	36 53,8	3	2,6	992	993	993	893	908	+100	+100	+ 85	+ 85
idi Aïssa	3 46,6	35 53,0	668	2,5	628	833	763	799	814	+ 34	— 36	+ 19	— 51
ued el Leham	4 16,5	35 37,7	456	2,5	624	765	717	784	799	— 19	— 67	— 34	— 82
sila	4 32,8	35 42,2	476	2,5	608	755	705	790	805	— 35	— 85	— 50	—100
sob	4 34,2	35 50,0	560	2,5	627	800	741	801	816	— 01	— 60	— 16	— 75
en-Soucha	4 43,3	35 37,7	432	2,5	613	747	701	784	799	— 37	— 83	— 52	— 98
ouk Ouled Nadjia	5 02,3	35 39,3	598	2,5	585	769	706	786	801	— 17	— 80	— 32	— 95
arika	5 22,0	35 23,0	476	2,5	581	728	678	762	778	— 34	— 84	— 50	—100
'Doukal	5 10,4	35 07,6	405	2,5	609	734	691	740	756	— 06	— 49	— 22	— 65
in-el-Mfila	5 27,8	35 12,7	548	2,5	564	733	676	748	764	— 15	— 72	— 31	— 88
ezzar Nord	5 17,9	35 33,1	608	2,5	566	753	689	777	792	— 24	— 88	— 39	—103
ued Zef Zef	4 53,2	35 05,6	636	2,5	570	766	699	737	753	+ 29	— 38	+ 13	— 54
as-el-Aïoun	5 39,3	35 40,6	882	2,6	550	823	726	788	803	+ 35	— 62	+ 20	— 77
ana	6 04,1	35 47,0	811	2,6	581	832	743	797	812	+ 35	— 54	+ 20	— 69
in-Mlila	6 34,5	36 02,2	776	2,6	633	873	788	819	834	+ 54	— 31	+ 39	— 46
uteaud	6 39,9	35 43,5	861	2,6	582	848	754	792	807	+ 56	— 38	+ 41	— 53
in-Fakroun	6 52,6	35 58,6	908	2,6	601	881	782	814	829	+ 67	— 32	+ 52	— 47
evasseur	6 17,8	35 53,7	818	2,6	603	856	766	807	822	+ 49	— 41	+ 34	— 56
in-Kercha	6 42,0	35 55,7	821	2,6	601	855	765	809	824	+ 46	— 44	+ 31	— 59
ertaux	6 08,1	36 04,7	787	2,6	638	881	795	823	838	+ 58	— 28	+ 43	— 43
erme Bel Air	6 22,9	36 15,4	770	2,6	673	911	827	838	853	+ 73	— 11	+ 58	— 26
ila	6 15,9	36 27,1	461	2,6	763	905	855	855	870	+ 50	0	+ 35	— 15
jemila	5 44,4	36 25,1	932	2,6	638	926	824	852	867	+ 74	— 28	+ 59	— 43
ocqueville	5 02,0	35 56,8	1104	2,6	543	883	763	811	826	+ 72	— 48	+ 57	— 63

milligals à la valeur 979,000. Les corrections topographiques n'ont pas encore été calculées.

Le premier groupe de stations, relatif à la région du Chott Chergui, permet de constater un crochet accusé des lignes isanomales vers le Sud-Est, en direction de Géryville. Une campagne prévue pour cette année précisera l'allure du phénomène.

Le deuxième groupe, cinq stations situées dans le nord de la Kabylie, complète le réseau général en cette région et ne comporte pas de singularité notable.

Le troisième groupe concerne une campagne affectée dans la région du Chott El Hodna. Il met en évidence une zone d'anomalies négatives très importantes, dont le maximum en valeur absolue s'observe le long d'une bande assez étroite, s'étendant de Msila à Barika. Comme il s'agit d'un vaste plateau, d'altitude modeste, la singularité résistera aux corrections topo-isostatiques.

En comparant les isanomales aux isoséistes du tremblement de terre de février 1946, tracées par M. Veselowsky avant les mesures gravimétriques, on est frappé par la concordance de ces deux familles de courbes, qui semblent n'en faire qu'une si l'on fait subir aux isanomales un décalage de 10^{km} environ vers le Nord. Une telle translation fait songer aux résultats de Kosmatt (2) pris comme arguments en faveur des dérives continentales. Quoi qu'il en soit nous avons affaire à une liaison étroite entre un phénomène sismique et les anomalies de la pesanteur. L'examen approfondi de cette corrélation nécessite de nouvelles campagnes gravimétriques, dans le massif de l'Aurès et dans la chaîne des Bibans. Un resserrement du réseau magnétique dans le bassin du Hodna est très souhaitable.

THERMODYNAMIQUE. — *Tonométrie des vapeurs denses.* Note (1) de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Tout processus réversible de formation ou d'analyse d'un mélange peut servir à déterminer son entropie et les fonctions qui en dépendent : énergie utilisable, fugacités. L'entropie d'une solution peut se déduire de la courbe cryoscopique et des chaleurs de fusion (2).

Les fugacités sont égales aux pressions partielles dans une vapeur supposée parfaite (2); dans les vapeurs presque parfaites, elles sont calculables (3). Nous étudions ici les vapeurs denses, jusqu'aux états critiques. Les résultats concordent avec les fugacités déduites de la compressibilité des gaz (4).

---

(2) Wegener, *La Genèse des continents et des océans*, 1937, p. 150.

(1) Séance du 17 février 1947.

(2) Darmois, *Solutions* (*J. de Physique*, 4, 1943, pp. 129 et 233; 5, 1944, pp. 25 et 73).

(3) Scatchard, *Chloroform-ethanol* (*J. Am. Chem. Soc.*, 1938); *Benzene-cyclohexane* (*J. Phys. Chem.*, 1939, etc.).

(4) Gillespie, *J. Am. Chem. Soc.*, 1926; *Phys. Rev.*, 1929.

Notations. — Une phase de volume V, température absolue T, pression p, étant composée de N_1 et N_2 moles de constituants respectifs B_1 et B_2, appelons $(N = N_1 + N_2)$:

Concentrations, $C_1 = N_1/V$; $c_2 = N_2/V$; concentration totale $c = N/V = c_1 + c_2$;

Titres molaires, $x_1 = N_1/N = c_1/c$; $x_2 = N_2/N = c_2/c = 1 - x_1$.

Soient U l'énergie, S l'entropie; appelons énergie utilisable $A = U - TS$ et potentiels chimiques molaires

$$\mu_1 = \frac{\partial A(N_1, N_2, V, T)}{\partial N_1}, \qquad \mu_2 = \frac{\partial A}{\partial N_2}.$$

On entend par fugacités (R, constante des gaz)

$$f_1 = K_1(T)\exp\left(\frac{\mu_1}{RT}\right), \qquad f_2 = K_2(T)\exp\left(\frac{\mu_2}{RT}\right).$$

La fonction K(T) étant, pour chaque constituant pur gazeux, la limite de $p\exp(-\mu/RT)$ pour V infini ([2]), la fugacité égale la pression pour un gaz pur parfait.

Le liquide sera désigné par un accent ($'$), la vapeur par deux ($''$).

Relation de Gibbs et Duhem à température constante. — Cette relation

$$N_1\,d\mu_1 + N_2\,d\mu_2 = V\,dp - S\,dT$$

s'écrit, *à température constante :* $c_1\,d\mu_1 + c_2\,d\mu_2 = dp$ et, pour deux phases en équilibre, de même pression et de mêmes potentiels

$$c'_1\,d\mu_1 + c'_2\,d\mu_2 = dp; \qquad c''_1\,d\mu_1 + c''_2\,d\mu_2 = dp.$$

Faisons varier par exemple le titre x'_2 du liquide, à température constante : la pression p, le titre x''_2 de la vapeur, les concentrations c' et c'' varient : de leurs variations, nous saurons déduire celles des potentiels chimiques

$$\mu_1 = \int \frac{-c'_2 + c''_2}{c'_1 c''_2 - c'_2 c''_1}\,dp; \qquad \mu_2 = \int \frac{c'_1 - c''_1}{c'_1 c''_2 - c'_2 c''_1}\,dp;$$

et des fugacités

$$(1) \qquad RT\,\mathrm{Ln}\,\frac{f_1}{f_1^0} = \int_{p_1^0}^{p} \frac{-c'_2 + c''_2}{c'_1 c''_2 - c'_2 c''_1}\,dp; \qquad RT\,\mathrm{Ln}\,\frac{f_2}{f_2^0} = \int_{p_2^0}^{p} \frac{c'_1 - c''_1}{c'_1 c''_2 - c'_2 c''_1}\,dp$$

f_1^0 et p_1^0 fugacité et pression dans l'équilibre liquide-vapeur du constituant B_1 pur à t^0K; de même f_2^0 et p_2^0 pour B_2.

Équilibres liquide-vapeur méthane-propane. — Le tableau ci-après, colonne 2 à 5 résume, avec nos notations, les données de Sage ([5]) concernant les équilibres, liquide-vapeur méthane-propane à 55°C.; x_2, titre molaire en méthane; à cette température, le point critique est $x_2 = 0{,}443$; $p = 82{,}7$ atm. La colonne 7 donne la fugacité f_1 du propane dans l'équilibre d'après la première intégrale (1), en prenant $f_1^0 = 14{,}56$ atm. La colonne 8 la donne d'après la compressibilité des mélanges ([4]).

([5]) *Ind. Eng. Chem.*, 26, 1934, pp. 214.

TABLEAU I. — *Équilibres liquide-vapeur* C_3H_8—CH_4 *à* 55°C.

p (atm.).	% mol CH_4 liq. $100.x'_2$	vap. $100.x''_2$	$\frac{p}{RTc'}$ liq.	$\frac{p}{RTc''}$ vap.	$\left(\frac{d\log f_1}{d\log p}\right)$.	f_1 C_3H_8 (atm.).	(Gillespie).
19,2*	0	0	0,071	0,687	—0,0	14,56	14,56
30	5,5	29,2	0,111	0,727	—0,037	14,45	14,45
40	10,8	40,1	0,149	0,720	—0,061	14,24	14,30
50	16,7	47,0	0,189	0,690*	—0,080	14,02	14,08
60	22,8	51,1	0,232	0,649	—0,095	13,80	13,88
70	29,2	52,4	0,285	0,600	—0,108	13,58	13,59
80	37,5	50,1	0,367	0,517	—0,119	13,38	13,19

* Valeurs interpolées ou extrapolées.

Fugacités et compressibilité. — Les valeurs de f_1 (colonne 8) ont été calculées par les formules de Gillespie [4] qui peuvent s'écrire $[p = RT(c - c^2\varepsilon)]$

$$f_1 = RTcx_1 \exp \int_0^c - \left(2\varepsilon + c\frac{\partial\varepsilon}{\partial c} - x_2\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_2}\right) dc;$$

$$f_2 = RTcx_2 \exp \int_0^c - \left(2\varepsilon + c\frac{\partial\varepsilon}{\partial c} + x_1\frac{\partial\varepsilon}{\partial x_2}\right) dc.$$

Les données de Sage [6] sur la compressibilité des mélanges méthane-propane à 55°C. ont été représentées empiriquement jusqu'à $c = 8$ (unités : mol/l) par

$$\varepsilon = \varepsilon_1 x_1 + \varepsilon_2 x_2 - \eta x_1 x_2, \quad \varepsilon_1 = 0{,}323 - 0{,}0230c, \quad \varepsilon_2 = 0{,}0335 - 0{,}00245c;$$
$$\eta = 0{,}188 - 0{,}0180c.$$

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la théorie mathématique des machines polyphasées tournantes.* Note [1] de M. FRANÇOIS-H. RAYMOND.

Nous étudions une machine dont l'entrefer séparant l'induit de l'inducteur est partout le même. Nous négligerons, pour l'instant, les perturbations provenant des encoches.

Sont en présence, deux bobinages : l'un est porté par le rotor (l'inducteur par exemple), l'autre est porté par le stator (l'induit). Soit $2m$ le nombre de pôles de la machine (les deux bobinages ont une symétrie d'ordre m par rapport à l'axe de la machine). Soit ω_s la pulsation de synchronisme de la machine, reliée à sa vitesse angulaire Ω par la relation $\omega_s = m\Omega$.

La machine est polyphasée : n phasée, si le bobinage induit comporte n bobinages identiques, répartis le long du stator et tels que l'on passe de la $i^{\text{ième}}$ phase à la $(i+1)^{\text{ième}}$ par une rotation $2\pi/(m.n)$.

(6) *Ind. Eng. Chem.*, 26, 1934, p. 1218.

(1) Séance du 27 janvier 1947.

Nous supposerons que le coefficient d'induction entre une phase de l'induit et l'inducteur est une fonction sinusoïdale de θ de la forme suivante :

$$(1)\qquad m_i = \mathrm{M}\cos\left[\omega_s t - \frac{2\pi(i-1)}{n}\right]\qquad (i=1, 2, \ldots, n),$$

M étant sa valeur maximum, i le numéro de la phase considérée.

Des courants de pulsation ω circulent dans les n phases, le glissement est $(\omega-\omega_s)/\omega_s$.

Soient i^i le courant dans la $i^{\text{ème}}$ phase, x^i la quantité complexe correspondante, telle que

$$(2)\qquad i^i = x^i e^{j\omega t} + x^{i*} e^{-j\omega t}.$$

Nous appellerons v^i la différence de potentiel entre les deux bornes de la $i^{\text{ème}}$ phase, que nous mettrons sous la même forme que i^i en remplaçant x^i par u^i; elle comprend en plus des forces électromotrices de pulsations différentes de ω. Si Z est la matrice impédance de l'induit en présence de l'inducteur en circuit ouvert, on a [2]

$$(3)\qquad \vec{u} = (\mathrm{Z})\vec{x},$$

$\vec{u}$ étant le vecteur de composantes u^i et $\vec{x}$ celui de composantes x^i; Z est une matrice polyphasée symétrique [2].

Appliquons la méthode géométrique déjà exposée [3]. Chaque phase de l'induit est traversée par un flux Φ dont l'expression est $\Phi_i = m_i y$, y étant le courant dans l'inducteur. Soit z l'impédance isochrone de l'inducteur [4]. Le courant imposé est y_1 et le courant y_2 est produit par les courants induits.

Appelons vecteur $\vec{m}$ le vecteur dont les composantes sont m_i. Le flux produit par les courants induits i^i à travers l'induit est égal au produit scalaire $\vec{m}.\vec{i}$

$$(4)\qquad \vec{m}.\vec{i} = \sum_{l=1}^{l=n} m_l i^l.$$

On pose

$$(5)\qquad \vec{m} = \vec{\mu} e^{j\omega_s t} + \vec{\mu}^* e^{-j\omega_s t},\quad \mu_l = \frac{\mathrm{M}}{2} a^{-(l-1)},\quad a = e^{\frac{2\pi}{n}j},\quad j=\sqrt{-1},\quad z_\pm = z\big(j(\omega\pm\omega_s)\big);$$

la loi d'Ohm, en notation complexe, pour le circuit inducteur fournit

$$(6)\qquad y_2 = \frac{-j(\omega+\omega_s)\vec{x}.\vec{\mu}\, e^{j(\omega+\omega_s)t}}{z_+} - \frac{j(\omega-\omega_s)\vec{x}.\vec{\mu}^*\, e^{j(\omega-\omega_s)t}}{z_-} + \text{conjuguée}.$$

---

(2) F. RAYMOND, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 450-452.

(3) *Thèse*, 1945.

(4) Cette impédance comprend celle de l'inducteur et celles des éléments extérieurs parcourus par le courant y_1, c'est donc l'impédance totale du circuit inducteur.

L'équation vectorielle de l'induit prend la forme

$$\vec{v} - \frac{d\vec{\Phi}}{dt} = (Z)\vec{i}, \tag{7}$$

qui comporte $\vec{m}(\vec{x}.\vec{\mu})$ et $\vec{m}(\vec{n}.\vec{x}^*)$.

Or

$$\vec{m}(\vec{x}.\vec{\mu}) = A\vec{x}, \qquad \vec{m}(\vec{x}.\vec{x}^*) = B\vec{x}, \tag{8}$$

les matrices A (et B) étant formées par les produits des composantes des vecteurs $\vec{m}$ et $\vec{\mu}$ ou $\vec{m}$ et $\vec{\mu}^*$. Explicitement $A = (N)e^{j\omega t} + (\mathcal{N})e^{j(\omega+2\omega_s)t}$, $(N) = (\mu_i^* \mu_j)$, $\mathcal{N} = (\mu_i \mu_j)$; et l'on vérifie facilement que l'expression de B s'obtient en prenant les conjuguées des matrices N et $\mathcal{N}$ et $-2\omega_s$ au lieu de $2\omega_s$. N est hermitique.

Finalement, équation du type (3) on a

$$\vec{u} = \left[Z(j\omega) + \frac{\omega(\omega+\omega_s)}{z_+}(N) + \frac{\omega(\omega-\omega_s)}{z_-}(N^*) \right] \vec{x}, \tag{9}$$

Le fonctionnement d'une machine tournante polyphasée à entrefer constant, vu des bornes de son induit, est identique à celui d'un réseau de Kirchhoff dont la matrice impédance se compose d'une matrice symétrique polyphasée, et de deux matrices hermitiques.

Les différences de potentiel comprennent deux autres termes de pulsations $\omega + 2\omega_s$ et $\omega - 2\omega_s$ qui sont les composantes de deux vecteurs $\vec{u}_1$ et $\vec{u}_2$,

$$\vec{u}_1 = \frac{(\omega+\omega_s)(\omega+2\omega_s)}{z_+}(\mathcal{N})\vec{x},$$

$$\vec{u}_2 = \frac{(\omega-\omega_s)(\omega-2\omega_s)}{z_-}(\mathcal{N}^*)\vec{x}.$$

La force électromotrice de la machine, due au courant d'excitation y_1, est le vecteur dont les composantes sont $y_1 \mu_i e^{j\omega_s t}$.

Les valeurs propres de N sont : $(k = 0, 1, \ldots, n-1)$, $\lambda_k^k = 0$, sauf $\lambda_{n-1}^{n-1} = n(M^2/4)$, celles de N^* sont $\lambda_k^k = 0$, sauf $\lambda_1^1 = n(M^2/4)$. On en déduit que seules les composantes symétriques [5] d'ordre 1 et $n-1$ de $\vec{u}$ et $\vec{x}$ sont liées par les valeurs propres des matrices N et N^*.

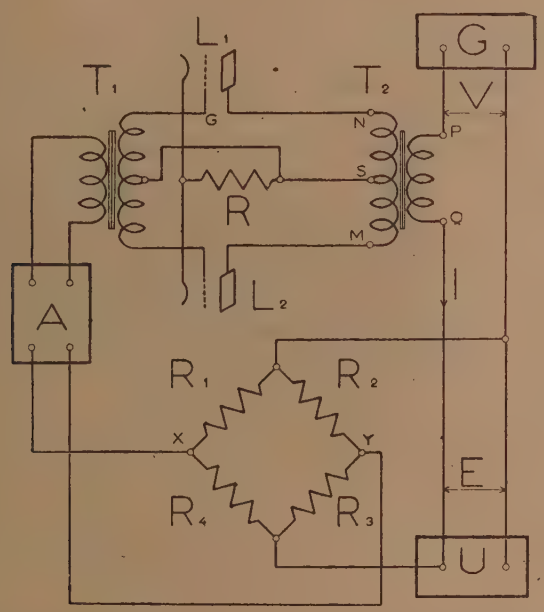
---

[5] Défini par la matrice de transformation

$$C = \frac{1}{\sqrt{n}}[a^{-(i-1)(j-1)}].$$

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Régulateur de tension alternative efficace.* Note [1] de M. **Louis Le Blan**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un schéma de principe de l'appareil est donné sur la figure. Il a pour but de régulariser la tension efficace aux bornes de l'appareil d'utilisation U, résistance pure. Il est alimenté par le générateur G, de tension aux bornes V, à travers l'enroulement PQ, dont l'impédance apparente joue le rôle de rhéostat automatique.



L'automatisme est ainsi obtenu : un pont de Wheatstone $R_1R_2R_3R_4$ est connecté en parallèle sur U. R_1 et R_3 sont en alliage à faible coefficient de température, tandis que R_2 et R_4 sont en fil très fin de nickel tendu dans le vide, et s'échauffant notablement au passage du courant. L'équilibre du pont n'est alors réalisé que pour une valeur donnée E_0 de la tension E. On règle R_1 et R_3 de manière que E_0 soit la valeur désirée pour E. Pour $E \neq E_0$, une tension apparaît entre X et Y, dont la phase dépend du signe de $E - E_0$. Cette tension est amplifiée par un amplificateur à lampes A, avant d'être appliquée aux grilles des tubes L_1 et L_2 montés symétriquement. Pour caractériser cette partie de la chaîne régulatrice, on posera : $V_G - V_S = -g(E - E_0)$.

Au secondaire MN de T_2 existe une certaine tension alternative, due au courant I dans le circuit d'utilisation. Pour la simplicité de l'exposé, T_2 est supposé remplir les conditions du transformateur parfait. On donne au

(1) Séance du 17 février 1947.

déphasage de A une valeur telle que les tensions grille et plaque de L_1 et L_2 s'annulent en même temps. Dans ces conditions, l'impédance apparente de PQ est une résistance pure ρ'. En effet, grâce à la symétrie du montage de L_1 et L_2, ces tubes sont équivalents à une seule triode travaillant en un point du domaine linéaire. La résistance R, outre un effet de contre-réaction qui atténue la distorsion, permet le fonctionnement avec tensions grille et plaque en phase, tant que $V_G - V_S$ ne dépasse pas une certaine valeur, la tension aux bornes de R empêchant la grille de devenir positive par rapport à la cathode.

En désignant par μ et ρ, le coefficient d'amplification et la résistance interne des triodes, par m, le rapport du nombre de spires de la moitié de MN à celui de PQ, par k, le rapport $(V_G - V_S/V_N - V_S)$, par e et z, la force électromotrice et l'impédance du générateur, par e_0, la valeur de e pour laquelle $E = E_0$, et I_0 la valeur correspondante de I, il vient

$$E = E_0 + \frac{1}{1 + \dfrac{g}{m}} \left[e - e_0 - \{ I - I_0 \} \left\{ Z + \frac{\rho + R(\mu + 1)}{m^2} \right\} \right].$$

Sur cette formule on voit que tout se passe comme si l'on avait affaire à un générateur fictif dont l'impédance interne serait, en posant $\alpha = 1 + g/m$,

$$Z' = \frac{1}{\alpha} \left[Z + \frac{\rho + R(\mu + 1)}{m^2} \right].$$

Désignons par r la résistance de U, il vient

$$E = E_0 + \frac{e - e_0}{1 + \dfrac{g}{m} + \dfrac{1}{r} \left[Z + \dfrac{\rho + R(\mu + 1)}{m^2} \right]}.$$

En général, pour une question de rendement, le facteur entre crochets au dénominateur est petit devant r. On peut donc écrire sensiblement

$$E - E_0 = \frac{e - e_0}{\alpha}.$$

En conclusion, l'action du générateur a pour effet de remplacer G par un générateur fictif dont l'impédance interne serait Z' et dont les fluctuations de force électromotrice seraient celles de G divisées par α. Le nombre α peut être rendu grand par un choix convenable de A, pour $g > 0$, ce qui implique un sens déterminé dans les connexions de la chaîne régulatrice. Si donc l'on sait réaliser un pont de Wheatstone très stable, il est possible, grâce à ce résultat, d'obtenir une tension E dont les fluctuations autour de la valeur E_0 soient très petites en valeur relative, qu'elles soient dues aux variations de e ou à une variation de r, c'est-à-dire de la puissance demandée au générateur.

En pratique, on est limité pour les valeurs de α par l'apparition d'oscillations spontanées. Nos expériences nous ont permis jusqu'à présent d'atteindre en

fonctionnement très stable $\alpha = 1000$, la constante de temps étant de l'ordre de quelques dixièmes de seconde. Exceptionnellement, nous sommes parvenu à $\alpha > 2000$. Nous avons étudié le processus d'entretien des oscillations qui fait intervenir la variation avec la fréquence du déphasage causé par l'amplificateur A.

Nous nous proposons d'appliquer une variante de ce dispositif à la stabilisation d'une tension continue par utilisation d'une tension alternative auxiliaire.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur une application de la Radiographie électronique à la détection de couches minces organiques ou minérales.* Note [1] de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Charles Legrand**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Dans des travaux antérieurs [2], l'un de nous a montré que l'effet photoélectrique des rayons X pouvait être utilisé pour l'obtention de radio-images produites par l'émission d'électrons secondaires. Sans revenir sur les principes déjà décrits de cette méthode, nous rappellerons simplement qu'elle permet, par la mesure de la densité photographique du cliché, de déterminer l'épaisseur des couches absorbantes interposées entre le radiateur et l'émulsion sensible [3].

Nous avons appliqué ceci à l'étude de la détection de couches organiques minces déposées à la surface d'un métal, et en particulier des couches grasses lubrifiantes sur des surfaces d'acier, en vue d'étudier la formation, la répartition et l'épaisseur de ces films notamment dans le processus de lubrification.

Le dispositif employé est le suivant : une plaque d'acier polie constitue le radiateur d'électrons secondaires; sur cette plaque, préalablement bien nettoyée, on dépose une quantité très faible d'un lubrifiant (graisse, acide gras, huile, etc.); un film à grain très fin (du type Lipmann) est placé au contact de la surface d'acier, le côté sensible étant disposé contre la couche grasse. L'ensemble est exposé au rayonnement X pénétrant d'un tube fonctionnant sous 180 kV, après filtration par 3^{mm}, de cuivre.

On vérifie bien entendu que le corps gras n'exerce pas d'influence sur le développement du film; pour cela, celui-ci est soigneusement lavé à l'alcool ou au benzène avant d'être placé dans le révélateur. Dans ces conditions, et pour des poses de quelques minutes à 30^{cm} de l'ampoule, on obtient des

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) Jean-Jacques Trillat, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 833; **214**, 1942, p. 164; **216**, 1943, p.683; *Bull. Soc. Electr.* III, 1943, p. 25; Jean-Jacques Trillat et Adrien Saulnier, *Comptes rendus*, **220**, 1945 p. 772; *Rev. Scient.*, **3244**, 1945, p. 211.

(3) Adrien Saulnier, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 876-878.

clichés qui montrent nettement la présence du corps gras sous forme de parties plus ou moins claires se détachant sur le fond noir produit par les photoélectrons émis par le fer. Ce procédé de *radiographie électronique*, déjà utilisé par nous dans d'autres cas (²), s'explique par l'absorption des photoélectrons au cours de leur passage à travers la couche grasse.

Nous avons effectué des essais avec des couches grasses d'épaisseurs connues, obtenues par dépôt sur la plaque d'acier de solutions titrées de suint, d'acide stéarique ou oléique, d'huile de graissage; les épaisseurs *moyennes*, déterminées d'après la surface occupée par le corps gras après évaporation du solvant, étaient comprises entre 1 et 3,5 microns. Les clichés obtenus, outre qu'ils décèlent avec une grande netteté la présence du corps gras, permettent d'effectuer des mesures précises de l'épaisseur de la couche en *chaque point* (d'après le noircissement photographique) et de donner une véritable topographie de celle-ci par microphotographie du cliché; les résultats sont particulièrement intéressants pour les corps cristallisés comme l'acide stéarique.

La méthode est utilisable pour des épaisseurs comprises entre un millième et quelques centièmes de millimètre, en bon accord avec les expériences de A. Saulnier (²); elle est surtout intéressante pour des couches de faible épaisseur, dont la structure n'est pas modifiée par l'application du film photographique. Elle pourrait être utilisée pour la mesure de l'épaisseur et de l'homogénéité de films de peintures cellulosiques formés sur un support métallique.

Ainsi qu'on a pu le voir, ce procédé permet aussi d'étudier le processus d'évaporation à partir d'un solvant. Nous avons appliqué avec succès cette observation au cas de l'évaporation de sels minéraux à partir de solutions aqueuses; il semble que l'on puisse obtenir ainsi des renseignements intéressants sur la texture et l'épaisseur des couches évaporées, ainsi que la formation de précipités périodiques (anneaux de Liesegang).

ÉLECTRONIQUE. — *Production d'énergie haute fréquence par un gaz ionisé en présence d'un champ magnétique.* Note (¹) de MM. **Jean Denisse** et **Jean-Louis Steinberg**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a repris, dans des conditions différentes et en les précisant, les expériences déja décrites (²), (³), (⁴) relatives à l'émission d'énergie à haute fréquence dans un tube à décharge en présence d'un champ magnétique. Les tubes à décharge utilisés contenaient de l'azote pur à des pressions variant de quelques millièmes à quelques centièmes de millimètre de mercure. Les

(¹) Séance du 24 février 1947.

(²) P. C. Thonemann et R. B. King, *Nature*, London, 138, 1946, p. 414.

(³) S. Ruthberg, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 112.

(⁴) Cobine et Gallagher, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 113.

cathodes des tubes étaient soient chaudes (filament de tungstène), soit froides (électrodes d'aluminium). Les courants obtenus étaient de l'ordre de quelques milliampères. Le champ magnétique produit par un électro-aimant a varié de zéro à 500 gauss; on s'est attaché à le localiser aussi bien que possible.

La réception du bruit s'effectuait au moyen d'un récepteur superhétérodyne fonctionnant dans la gamme de $1^m,30$ à $2^m,60$ avec détection symétrique à l'étage d'entrée. La sortie était connectée à la fois à un instrument de mesure, à un oscillographe et à un haut-parleur.

L'énergie produite peut être reçue soit par une boucle ou une sonde intérieures au tube, plongeant dans la décharge et connectées au récepteur par des condensateurs, soit par une boucle extérieure entourant le tube ou placée à quelque distance.

Dans tous les cas, l'approche d'un aimant donnant de 40 à 50 gauss produit un bruit intense déjà signalé ([5]). L'étude des propriétés de ce bruit a été commencée. L'énergie produite est maxima quand le champ magnétique est appliqué au voisinage immédiat de l'anode du tube en fonctionnement. Dans un certain nombre de cas, il semble que l'apparition et la disparition du bruit coïncident avec celles d'une lueur anodique rouge qui apparaît lorsque l'on établit le champ magnétique. Si l'on déplace l'électro-aimant de la région anodique vers la région cathodique, le bruit, reçu par une sonde fixe plongeant dans le gaz ionisé, croît en général brusquement quand apparaît la lueur anodique pour décroître ensuite jusqu'à une valeur négligeable à mesure que l'on allonge la région rouge vers la cathode.

L'intensité du champ est un facteur important et l'énergie reçue croît, en général, avec le champ appliqué, cette croissance pouvant présenter un ou plusieurs maxima et étant arrêtée par l'extinction de la décharge dans le cas des champs les plus intenses. L'établissement du champ ne modifie pas le courant dans le gaz de plus de quelques pour cent.

Les électrodes-sondes placées dans la région de chute de potentiel cathodique et au début de la colonne positive ne permettent pas de recevoir le bruit alors même qu'une sonde placée dans la colonne positive au voisinage de l'anode le reçoit avec le maximum d'intensité.

Pour une pression donnée et un champ donné, le bruit croît avec le courant dans le gaz et décroît ensuite à mesure que l'on s'approche des conditions de l'arc. Quand celles-ci sont établies, il n'existe plus qu'un bruit indépendant du champ magnétique. Dans les conditions de la *glow discharge*, on ne constate pas de bruit notable en l'absence de champ magnétique.

D'autres expériences sont en cours pour étudier les propriétés et les causes

---

([5]) E. V. Appleton et A. G. West, *Phil. Mag.*, 45, 1923, p. 879.

du phénomène et ses rapports avec les oscillations ioniques et électroniques bien connues qui accompagnent souvent aussi l'apparition de lueurs anodiques en l'absence de champ magnétique [4], [5], [6].

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Emploi de la polarisation par réflexion vitreuse dans les loupes et microscopes stéréoscopiques.* Note [1] de M. **Pierre Manigault**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'observation binoculaire est de plus en plus employée par les usagers du microscope. L'emploi des deux yeux, toujours plus agréable, devient indispensable dans les cas où l'on veut voir en relief des objets ayant une certaine profondeur. Je me suis proposé de combiner cette observation binoculaire avec l'utilisation de la lumière polarisée. Je ne m'occuperai que des instruments binoculaires stéréoscopiques. Il y en a de deux sortes : les uns comprenant deux objectifs associés à deux oculaires (loupes binoculaires), les autres un seul objectif associé à deux oculaires.

1. *Microscopes stéréoscopiques à deux objectifs.* — Pour simplifier le problème je me suis contenté, en ce qui concerne les analyseurs, de munir les oculaires de lames dichroïques et plus particulièrement de lames de Demon [2]. Pour les polariseurs une solution correcte évidente consiste à employer deux polariseurs distincts avec deux sources (ou deux régions d'une source un peu étendue), la source de gauche éclairant l'œil droit et inversement. Les deux plans de vibrations sont alors symétriques par rapport au plan de symétrie vertical de l'appareil. Mais l'expérience a montré qu'on peut se contenter de prendre deux sources de lumière (deux lampes Mazda 25 W 110 V à verre finement dépoli), et un polariseur unique.

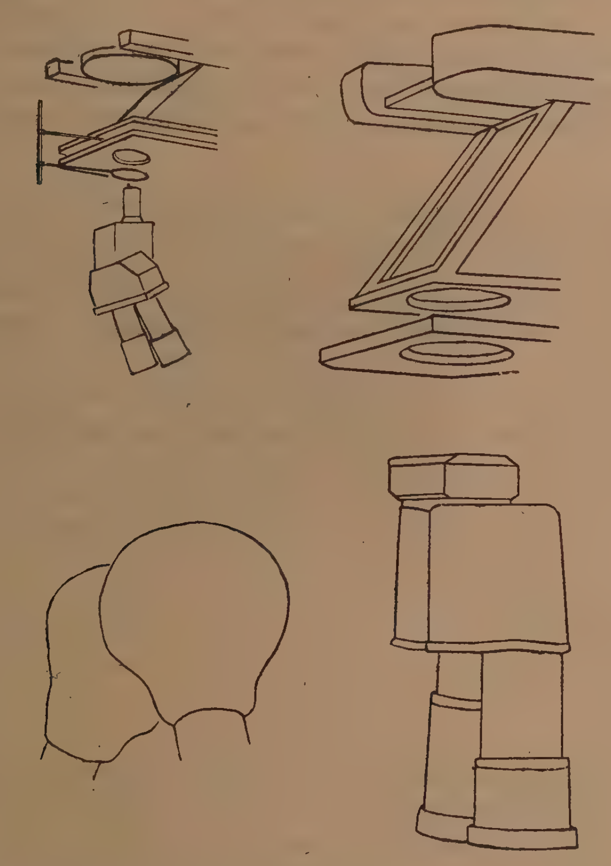
C'est un polariseur du type Nörremberg, dans lequel on a remplacé le miroir plan ordinaire par un miroir sphérique, concave : ce peut être souvent le miroir habituel du microscope, mais que l'on place, sous la glace polarisante, de façon qu'il renvoie les rayons verticalement vers le haut. Nous avions déjà adopté, M. Cotton et moi, cette disposition dans le cas de certains microscopes monoculaires en plaçant le miroir de telle façon que l'image qu'il donne de la source soit dans le plan de la préparation et que son centre de courbure soit au voisinage de l'objectif. Le condenseur lui-même peut être supprimé; on le remplace par un instrument par lui-même achromatique. Les rayons utilisés par le microscope subissent ainsi la réflexion métallique ordinaire sous une incidence voisine de la normale. Dans le cas qui nous occupe, comme il y a

---

(5) W. L. Brown et H. Mc Cowan, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 376.
(6) K. G. Emeléus et A. G. Gregg, *Phil. Mag.*, 16, 1933, p. 1079.

(1) Séance du 24 février 1947.
(2) *Annales de Physique*, 12e série, 1, 1946, p. 101.

deux objectifs, le centre optique ne saurait être à la fois sur les deux. Il doit donc y avoir un peu de polarisation elliptique : elle n'a pas paru gênante. Si l'on tient compte de la longueur réelle du chemin suivi par le faisceau dans l'appareil (muni de prismes), on s'explique que seuls des rayons assez peu inclinés sur l'axe de l'instrument sont polarisés par réflexion et remontent jusqu'aux oculaires.



2. *Microscospes stéréoscopiques à un seul objectif.* — La solution entièrement correcte consisterait encore à employer deux sources et deux polariseurs et à faire en sorte que les deux axes optiques se croisent dans la traversée de l'objectif unique. Nous lui avons préféré un montage simplifié qui donne toute satisfaction. Il a été exécuté avec un microscope de O. P. L. mis à notre disposition par M. de Gramont. La source est une lampe à ruban plat de tungstène (6 volts 10 ampères), alimentée par un transformateur. Le miroir concave du microscope sert de miroir inférieur du Nörremberg et donne une image très brillante de la source dans le plan de la préparation. La petite image ainsi obtenue est à peine plus grande que le champ de l'objectif.

Dans ce cas encore on s'est contenté comme analyseurs de lames dichroïques. Comme l'objectif est unique et la distance frontale réduite, on a pu adopter un système rotateur très simple entraînant simultanément deux lames demi-onde placées l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la préparation et convenablement orientées. On sait ([3]) que la rotation de ces deux lames remplace avantageusement celle de la platine. Il convient de choisir celle de ces lames qui est placée tout près de l'objectif de façon qu'elle n'ait pas de défaut pouvant altérer la qualité de l'image. Mais comme cette lame n'a pas besoin d'être centrée, il est généralement facile d'y trouver une région convenable puisqu'elle doit être à peine plus grande que la lentille frontale de l'objectif.

SPECTROSCOPIE. — *Sur une méthode de mesure de la dispersion dans l'infrarouge.* Note ([1]) de Mme **Josette Vincent-Geisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons perfectionné, dans le cas de liquides et étendu à des solides (isotropes et anisotropes), une méthode déjà utilisée par Seegert (*Thèse*, Berlin, 1908).

I. *Cas d'un liquide.* — Entre deux prismes rectangles identiques d'indice N, accolés par leurs hypoténuses (*fig.* 1), est placée une mince lame de mica en

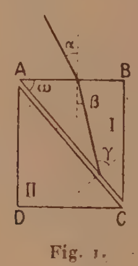


Fig. 1.

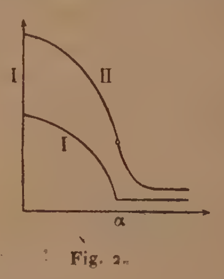


Fig. 2.

forme de U, qui permet de recevoir le liquide étudié d'indice n. Soient α l'angle d'incidence sur la face AB du prisme I, β l'angle de réfraction, γ l'angle d'incidence sur la face AC. Il y a réflexion totale à partir de l'angle γ tel que $\sin\gamma = n/\mathrm{N}$. D'autre part on a les relations $\sin\alpha = \mathrm{N}\sin\beta$ et $\gamma = \beta + \omega$. Si α, ω et N sont connus, on en déduit n. La méthode est utilisable pourvu que n reste inférieur à N. Pour cette raison on choisit pour les prismes I et II un verre d'indice élevé (en flint très dense).

Le système des deux prismes se trouve placé dans un faisceau parallèle de radiations monochromatiques. On le fait tourner et l'on établit, pour la longueur d'onde choisie, la courbe donnant l'intensité transmise en fonction de

---

([3]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 330.

([1]) Séance du 17 février 1947.

l'angle d'incidence α. Pour un liquide non absorbant, on obtiendrait la courbe théorique I (*fig.* 2), avec un point anguleux au début de la réflexion totale; on aboutit en réalité à la courbe II, avec un point d'inflexion. Les calculs, faits en particulier par Arzeliès, ont montré, qu'au point d'inflexion, on avait sans erreur appréciable $\sin\gamma = \nu/N$, ν étant la partie réelle de l'indice imaginaire n.

Cette méthode, qui ne demande qu'une faible quantité de substance, nous a permis de mesurer, entre le visible et $2^{\mu},7$, les indices de nombreux liquides, très absorbants dans cette région, et pour lesquels la technique classique du prisme creux n'est pas utilisable. Nous reviendrons sur les résultats dans une prochaine Note.

II. *Cas d'un solide isotrope ou anisotrope.* — On met le solide, taillé en lamelle mince, à la place du liquide, en assurant le contact optique au moyen d'un liquide. L'indice de celui-ci (qui peut d'ailleurs rester inconnu) doit être assez élevé, comme celui de l'α-bromonaphtalène par exemple.

Nous avons mesuré de cette manière, jusqu'à $2^{\mu},7$, l'indice d'une lamelle couvre-objet de microscope, en verre.

Enfin cette méthode est applicable à un solide anisotrope. Dans ce cas, la courbe II présente deux points d'inflexion, dont les éloignements respectifs donnent immédiatement une mesure de la biréfringence du solide. Pour chaque longueur d'onde, on effectue deux déterminations, l'une avec une orientation déterminée des lignes neutres de l'échantillon, et l'autre obtenue par une rotation de 90° dans son plan.

La première mesure donne par exemple n_g et n_p et la deuxième n_m et n_p, ce qui fournit un contrôle.

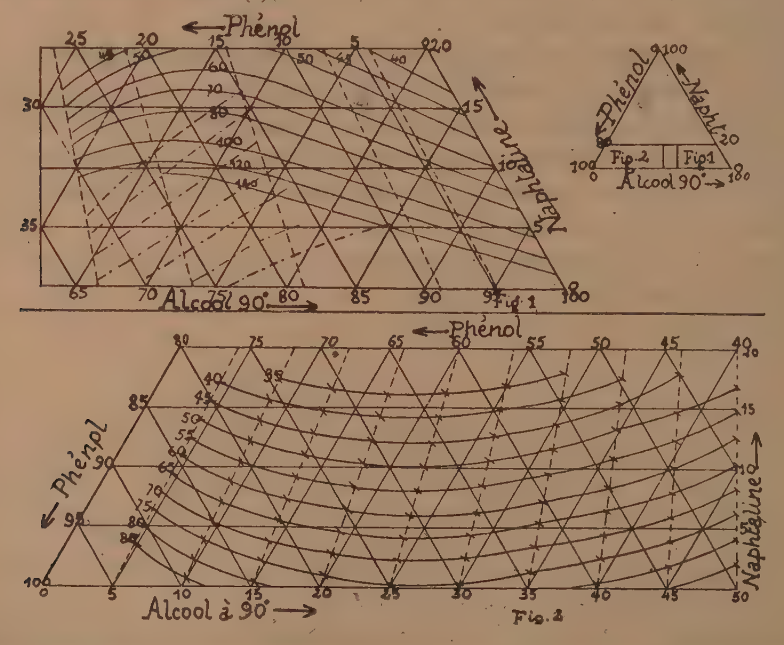
Longueurs d'onde en μ.	0,589.	0,75.	1.	1,3.	1,7.	2.	2,3.	2,53.	2,7.
n_g	1,6010	1,5958	1,5917	1,5874	1,5817	1,5763	1,5692	1,5596	1,5490
n_m	1,5946	1,5901	1,5858	1,5815	1,5764	1,5718	1,5656	1,5596	1,5547
n_p	1,5622	1,5571	1,5529	1,5501	1,5465	1,5428	1,5379	1,5333	1,5294

On remarque qu'à $2^{\mu},53$, n_g et n_m ont la même valeur et s'inversent au delà. A $2^{\mu},53$ ce mica se présente comme un cristal uniaxe.

Cette méthode est donc extrêmement générale et, en remplaçant les prismes en verre par des prismes en sel gemme, par exemple, on pourrait l'étendre à une région plus lointaine du spectre infrarouge.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse des mélanges eau-éthanol-phénol-naphtalène.* Note [1] de MM. **Antoine Saunier** et **René Pâris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

En vue d'établir le diagramme de solubilité du système eau-éthanol-phénol-naphtalène, nous avions à rechercher une méthode d'analyse de ce mélange quaternaire, aucune n'étant signalée dans la littérature. Un procédé fondé sur l'entraînement de l'alcool par la pyridine tel que nous l'avons appliqué à l'analyse des mélanges éthanol-phénol-naphtalène [2] est inapplicable en présence d'eau. Devant l'échec de nombreux essais sur lesquels nous n'insisterons pas ici, nous avons finalement résolu ce problème analytique par application de la méthode des points de trouble dont nous avons donné le principe dans une Note précédente [3]. Les lettres que nous avions adoptées désigneront alors dans le cas précis de notre analyse, A : alcool à 90° (rapport eau/alcool constant); P, phénol; N, naphtalène. Le phénol est dosé directement par conductométrie ou thermométrie [4].



Caractéristiques des diagrammes d'analyse. — Trois réseaux de courbes ont dû être tracés :

(1) Séance du 10 février 1947.
(2) *Communication Soc. Chim.*, séance du 22 novembre 1946 (sous presse).
(3) *Comptes rendus.*
(4) R. Pâris et J. Vial, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 17.

1° Courbes en traits pleins (*fig.* 1) : B, benzène; E, alcool à 50°; *a*, 0,50; *t*, 35°C.

2° Courbes en traits points (*fig.* 1) : B, benzène; E, alcool à 50°; *a*, 0,70; *t*, 35°C.

3° Courbes de la figure 2 : B, alcool à 50°; E, benzéne; *a*, 0,50; *t*, 35°C.

Le 1er réseau correspond à la meilleure sensibilité; il a fallu tracer les deux autres, car pour des teneurs faibles en naphtalène on se trouverait dans la zone de miscibilité totale, et d'autre part, au delà de 30% de phénol les courbes deviennent sinueuses et par suite plus difficiles à tracer avec précision.

Tracé des diagrammes. — Pour déterminer un point d'une courbe, on prépare un poids *p*(environ 20g) du mélange alcool à 90°, phénol, naphtalène de concentration pondérale connue. On lui ajoute *p*/a/g. de solvant B, et au moyen de l'appareillage décrit (3) on ajoute le solvant E à la burette en déterminant la température de trouble après chaque centimètre carré. Cette température varie à peu près linéairement avec le volume de E, et comme les points de trouble sont appréciés à 0°,1 près, l'erreur sur le volume déterminé ne dépasse pas 0cm³,02. Ceci permet d'encadrer la température de trouble de 35° qui correspond au volume V de solvant E (ramené par le calcul à 100g de mélange initial).

L'ensemble des trois réseaux de courbes ainsi déterminées point par point (240 mesures) couvre toutes les concentrations en alcool et en phénol, mais nous n'avons pas dépassé la concentration de 16% en naphtalène; car les mélanges que nous avions à doser ne dépassaient jamais cette teneur.

Utilisation de ces diagrammes pour l'analyse d'un mélange inconnu. — Le mélange A + P + N dans lequel on a dosé préalablement le phénol est pesé dans le tube d'expérience, on lui ajoute une quantité pesée de solvant B correspondant au rapport *a* choisi d'après la proportion de phénol, et l'on détermine comme ci-dessus le volume V du solvant E qui correspond au point de trouble de 35°. Les pourcentages d'alcool à 90° et de naphtalène sont lus sur le diagramme par intersection comme nous l'avons décrit dans notre Note précédente (3).

Cette méthode a été vérifiée sur des mélanges connus préparés par d'autres expérimentateurs. Les compositions ont été retrouvées avec une approximation toujours meilleure que 1%.

Nous pouvons, grâce à ce procédé, effectuer de très nombreuses analyses des mélanges indiqués avec une rapidité et une sécurité qui compensent trés largement le temps consacré à l'établissement des diagrammes que nous venons de décrire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique de la dissociation thermique du sulfo-phosphate bizirconique*. Note [1] de MM. **Robert Stumper** et **Paul Mettelock**, présentée par M. Louis Hackspill.

En étendant notre étude [2] sur la précipitation du phosphate bizirconique en milieu chlorhydrique à cette même réaction en milieu sulfurique, nous n'avons plus obtenu, après calcination, le pyrophosphate bizirconique, mais un sulfo-phosphate bizirconique de composition variable suivant la température et la durée de calcination. Nous avons ainsi été conduits à étudier l'action de H_2SO_4 concentré sur $2ZrO_2.P_2O_5$ pur, préparé en milieu chlorhydrique selon les conditions indiquées dans notre Note précédente.

En traitant, au creuset de Pt, un poids déterminé (0g,250 à 0g,350) de ce $2ZrO_2.P_2O_5$ en poudre par un excès de H_2SO_4 et en chassant cet excès par chauffage, au four électrique réglable, à des températures variables, le pyrophosphate bizirconique fixe un radical SO_3 selon la réaction :

$$2ZrO_2.P_2O_5 + H_2SO_4 = 2ZrO_2.P_2O_5.SO_3 + H_2O.$$

On doit donc admettre que dans la molécule de $2ZrO_2.P_2O_5$ les deux radicaux ZrO_2 ne sont pas fixés d'une façon identique à P_2O_5. La question de savoir si le produit de réaction représente un sel double ou un mélange équimoléculaire de $ZrO_2.P_2O_5$ et $ZrO_2.SO_3$ n'est pas encore résolue.

Par chauffage progressif de ce produit de réaction, celui-ci retient d'abord une petite proportion, d'ailleurs non stœchiométrique, de SO_3. Entre 400 et 700° cet excès reste opiniâtrement fixé, à 800° il ne s'en va qu'après 40 heures, à 900° au bout de 15 heures et à 1000° après 2 heures. Le composé obtenu après le départ de SO_3 en excès correspond exactement à la formule $2ZrO_2.P_2O_5.SO_3$, ainsi que le démontre l'analyse suivante :

	Composition centésimale	
	théorique. (%).	trouvée. (%).
ZrO_2	52,59	52,73
P_2O_5	30,32	30,38
SO_3	17,09	16,89

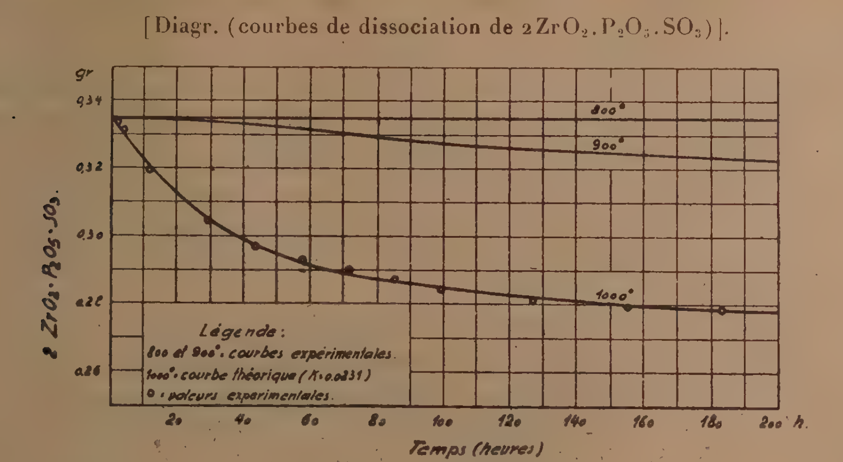
En prolongeant le chauffage, le sulfo-phosphate bizirconique, pratiquement stable à 800°, se dissocie lentement par départ progressif de SO_3. A 900°, cette dissociation thermique est très lente; à 1000° elle est plus rapide, pour devenir, dans nos conditions d'expérience, complète après 200 heures. Les courbes des

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 122.

variations de poids en fonction du temps, pour 800°, 900° et 1000°C. sont reproduites sur le diagramme ci-dessous.

[Diagr. (courbes de dissociation de $2ZrO_2.P_2O_5.SO_3$)].



Dissociation de $2ZrO_2.P_2O_5.SO_3$.

L'allure régulière de la courbe à 1000° nous a amenés à déterminer l'ordre de réaction et la constante cinétique de cette dissociation thermique. Les valeurs moyennes de deux essais nous ont servi à calculer les quantités c de $2ZrO_2.P_2O_5, SO_3$ (resp. de SO_3) présentes aux temps t, la valeur initiale C_0 étant connue. A partir de ces valeurs, nous avons calculé les constantes cinétiques,

1° $K_0 = \dfrac{C_0 - c}{t}$ pour la réaction de l'ordre zéro,

2° $K_1 = \dfrac{1}{t} \operatorname{l}a \dfrac{C_0}{c}$ pour la réaction de l'ordre 1.

Les valeurs successives de K_0 présentent une allure décroissante, celles de K_1 n'oscillent que faiblement et irrégulièrement autour de la moyenne $K_1 = 0{,}0231$ ($\pm$ 0,003).

Pour vérifier notre résultat, nous avons dressé, d'après la constante 0,0231, la courbe théorique des variations de poids en fonction de la durée de chauffage. Cette courbe théorique est représentée dans notre diagramme; les points y figurent les valeurs expérimentales directes.

La concordance étant très bonne, il s'ensuit que la dissociation thermique

$$2ZrO_2.P_2O_5.SO_3 = 2ZrO_2.P_2O_5 + SO_3$$

est, pour nos conditions d'expérience et à 1000°, une réaction monomoléculaire.

Ainsi se trouvent donc expliquées les variations de poids du précipité $2ZrO_2.P_2O_5.SO_3$ ($+ xSO_3$) obtenu en milieu sulfurique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions de l'acide benzoylacrylique.* Note de MM. **J. Bougault** et **P. Chabrier**

Dans une Note précédente ([1]) nous avons indiqué que l'acide benzoylacrylique fixait sur sa double liaison de nombreuses substances, en particulier celles possédant un groupement sulfhydryl (—SH). Nous avons également signalé que cette fixation pouvait s'accomplir selon plusieurs schémas, soit qu'il y ait fixation pure et simple (cas des mercaptans), soit que la fixation précède une réation secondaire, dont l'effet le plus général est d'engager le groupement carbonyle ou le groupement carboxyle de l'acide benzoylacrylique, ce qui conduit à la formation d'un hétérocycle.

L'objet de cette Note est de signaler de nouvelles combinaisons de l'acide benzoylacrylique dans lesquelles, concurremment à la fixation d'un groupement sulfhydrylé sur la double liaison, le groupement carboxyle participe à la réaction.

II. *Addition suivie de cyclisation; combinaison avec la thiourée.* — Andreasch ([2]) a montré que la thiourée se combinait à l'acide maléique ou fumarique avec départ d'une molécule d'eau pour donner l'acide 2-imino 4-oxothiazolidyl-5-acétique

$$CO_2H.CH{=}CH.CO_2H + HS\,C\!\begin{smallmatrix}\diagup NH\\ \diagdown NH_2\end{smallmatrix} \rightarrow CO_2H.CH_2.\overset{5}{CH}\!-\!\!-\!\!-\!\overset{1}{S}\;(\text{cycle}: \overset{4}{CO}-\overset{3}{NH}-\overset{2}{C}{=}NH) + OH_2$$

Erlenmeyer et Hertz ([3]) ont montré que l'acide cinnamique se combinait également à la thiourée, mais suivant un tout autre processus. Cette combinaison, effectuée au bain d'huile à 210°, conduit en effet à la 4-phényl-2-thio-6-oxohexahydropyrimidine

$$C_6H_5.CH{=}CH.CO_2H + HS{-}C\!\begin{smallmatrix}\diagup NH\\ \diagdown NH_2\end{smallmatrix} \rightarrow C_6H_5{-}\overset{4}{CH}\;(\text{cycle}: \overset{3}{NH}-\overset{2}{CS}-\overset{1}{NH}-\overset{6}{CO}-\overset{5}{CH_2}) + OH_2$$

Dans le premier cas, la double liaison accepte le groupement sulfhydryle (SH) en conduisant à un dérivé du thiazol; dans le second, elle accepte le groupement aminé (NH_2) en donnant une thiohydropyrimidine. Ces deux additions sont suivies d'une cyclisation par amidification interne.

Si l'on mélange en proportions équimoléculaires une solution aqueuse d'acide benzoylacrylique, dissous dans un léger excès de bicarbonate de

---

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 395.
([2]) *Monatsh.*, **15**, 1895, p. 664.
([3]) *Helv. Chim. Act.*, **25**, 1942, p. 832.

sodium, avec une solution faiblement acétique de thiourée, il se forme peu à peu un abondant précipité qui se révèle être une combinaison de l'acide benzoylacrylique avec la thiourée, le groupement carboxylé étant engagé, puisque le produit n'est plus soluble dans le bicarbonate de sodium. La combinaison, comme le confirme son analyse élémentaire, et par analogie avec les faits précédemment exposés, doit répondre à l'une des trois formules suivantes :

CH_2
$C_6H_5.CO.CH$ — CO
S — NH
C
‖
NH
(I)

$C_6H_5.CO\,CH_2.CH$ — CO
S — NH
C
‖
NH
(II)

CH_2
$C_6H_5.CO.CH$ — CO
NH — NH
CS
(III)

La forme thiohydropyrimidine (III) doit être rejetée. En effet : 1° le composé obtenu est amphotère, il se dissout aisément dans l'acide chlorhydrique à 20 % ; à partir de cette solution on peut précipiter, soit le chlorhydrate d'imine en ajoutant à la solution un égal volume d'acide chlorhydrique concentré, soit le produit initial en neutralisant par le bicarbonate de sodium ; 2° à partir du composé obtenu, il n'a pas été possible d'obtenir un thioéther par alcoylation directe au moyen des halogénures d'alcoyles. Ce fait indique que le soufre ne peut appartenir, dans ce cas, qu'à un système cyclique.

Nous avons cherché à préparer la forme (I) par condensation de l'acide β-bromobenzoylpropionique (obtenu par action du brome sur l'acide benzoylpropionique) et de la thiourée. Le bromhydrate obtenu fond à 215° ; traité par le bicarbonate de sodium, il libère la base fondant à 262° sans décomposition, différente du composé obtenu par action de la thiourée sur l'acide benzoylacrylique qui fond à 221° en se décomposant.

Enfin par condensation de l'acide α-chlorobenzoylpropionique (obtenu par addition d'acide chlorhydrique sur l'acide benzoylacrylique en milieu éthéré) et de la thiourée, nous avons obtenu un chlorhydrate qui, après neutralisation au moyen du bicarbonate de sodium, nous a fourni un produit identique (épreuve du point de fusion du mélange) à celui qui prend naissance par action directe de la thiourée sur l'acide benzoylacrylique. Ce fait légitime la formule (II) proposée pour représenter ce composé.

Propriétés. — Le 2-imino-4-oxothiazolidyl-5-benzoylméthyl fond à 221° en se décomposant ; il est soluble dans les acides minéraux avec lesquels il donne des sels ; les alcalis le dissolvent en ouvrant rapidement le cycle ; il est très peu soluble, même à chaud, dans la plupart des solvants organiques ; son chlorhydrate fond à 155°.

Analyse : trouvé %.......	C 56,13	H 4,10	N 12,1	S 13,54
» calculé %.......	C 56,40	H 4,27	N 11,96	S 13,67

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions allyliques des dérivés bromés du diméthyl-2.5 thiophène.* Note de MM. **Jean Lecocq** et **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

Soit un système de 3 atomes de carbone C_1, C_2 et C_3, dont 2 sont liés ensemble par une liaison éthylénique, et le troisième portant un radical ou un élément mobile X. Les transpositions allyliques, représentées par la réaction

$$C_1{=}C_2{-}C_3{-}X \rightleftharpoons X{-}C_1{-}C_2{=}C_3,$$

sont très fréquentes en série aliphatique, surtout lorsque X est un atome d'halogène (brome ou chlore). C'est ainsi que le chlorure d'acrylidène $CH_2{=}CH{-}CHCl_2$ se transforme en épidichlorhydrine $CHCl{=}CH{-}CH_2Cl$ sous l'action de ClH à chaud; réciproquement, certains dérivés allyliques tertiaires s'isomérisent par le même réactif en dérivés allyliques primaires. Dans ces différents cas, chacun des isomères possède en général une existence individuelle.

Lorsque au contraire, la double liaison *allylique* fait partie d'un noyau de caractère aromatique, elle perd complètement sa mobilité, et l'on ne connaissait pas jusqu'ici de desmotropies du type sus-indiqué. Le présent travail montre qu'elles peuvent avoir lieu dans certains cas. On sait ([1]) que l'action de la N-bromosuccinimide sur le thioxène-2.5 conduit au bromométhyl-5 thiotolène-2 (I).

Lorsque ce dernier corps est additionné de cyanure cuivreux anhydre, on

CH_3, S, CH_2Br (I) — CH_3, S, CH_3, Br (II) — CH_3, S, CH_3, Br, Br (III)

observe un échauffement et, par distillation du mélange sous vide, on aboutit à un liquide de même composition centésimale que le produit initial, mais de constantes différentes (E_{10} 85°, E_{760} 195-196°) et de stabilité beaucoup plus grande. Ce nouveau produit se forme également lorsqu'on fait agir (I) sur un cyanure alcalin dans le dioxane, et il apparaît également à côté de l'éthoxyméthyl-5 thiotolène lorsqu'on effectue cette réaction en milieu alcoolique. Nous l'avons identifié au bromo-3 thioxène-2.5 (II) que nous avons synthétisé en faisant agir le brome sur le thioxène en milieu sulfocarbonique.

La constitution de (II) est fixée avec certitude par sa transformation, sous l'action d'une nouvelle molécule de brome, en dibromo-3.4 thioxène-2.5 (III) (E_{15} 128°, F 48°) déjà

([1]) Buu-Hoï et J. Lecocq, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1441.

connu auparavant. Le mécanisme de la transformation de (I) en (II) consiste évidemment en une transposition allylique conduisant de (I) à (I_a), suivie d'une migration allylique de l'hydrogène, avec passage de (I_a) à (II),

(I) —transposition→ (I_a) —migration→ (II)

(I_a). (IV).

Le mécanisme ainsi postulé est le même que celui invoqué pour expliquer la formation anormale d'alcool orthotoluique à partir du chlorure de benzylmagnésium et du formol. D'ailleurs, le magnésien obtenu à partir de (I) donne, par carbonatation, l'acide thioxène-2.5 carboxylique-3 (IV), identique à celui préparé en partant du magnésien correspondant à l'iodo-3 thioxène-2.5. Lorsqu'on traite (II) à nouveau par la N-bromosuccinimide, il se forme un mélange des deux dérivés dibromés (V) et (VI), par action des

(V). (VI). (VII).

cyanures alcalins, le premier est transposé en dibromothioxène (III), alors que le second fournit normalement le nitrile correspondant (E_{15} 140-150°) (VII).

Il est à noter que le chlorométhylthiophène [2] a pu être combiné avec de bons rendements au malonate d'éthyle sodé, alors que le dernier agent isomérise presque complètement (I) en (II). L'influence favorisante des méthyles sur la transposition nous a amenés à examiner la possibilité d'existence d'une transposition analogue en série naphtalénique, dans laquelle les méthylnaphtalènes se broment aisément sur la chaîne au moyen de la bromosuccinimide [3]. Le diméthyl-2.3 naphtalène, traité par la bromosuccinimide, nous a fourni aisément le méthyl-2 bromométhyl-3 naphtalène, déjà préparé par Doisy et ses collaborateurs [4] par une méthode plus compliquée. Ce dérivé bromé, traité par les cyanures alcalins, a fourni normalement le méthyl-2 naphtylacétonitrile-3 déjà connu, sans qu'il y ait eu de transposition en bromo-1 diméthyl-2.3 naphtalène. De même, avec le malonate d'éthyle sodé, on a obtenu le *méthyl-2 naphtométhyl-3 malonate d'éthyle* (E_2 200°), auquel correspond *l'acide ω-(méthyl-2) naphtylpropionique-3* (F 122°) dont nous poursuivrons l'étude avec M. Cagniant dans un autre mémoire.

---

(2) Voir *J. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 478.
(3) Buu-Hoï et J. Lecocq, *J. Chem. Soc.*, 1946, p, 830.
(4) Doisy et al., *Chem. Zentralbl.*, I, 1940, p. 1349.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la β-(p-méthoxy-phényl) isopropylamine.* Note de MM. **Jean Dœuvre** et **Pierre Chervet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Cette amine, $CH_3O—C_6H_4—CH_2—CH(NH_2)—CH_3$, qui appartient au groupe des composés sympathomimétiques, peut se dénommer *p*-méthoxy-ortédrine, ou encore *p*-méthoxy-benzédrine. Elle a été préparée à plusieurs reprises par divers auteurs, que nous ne pouvons citer ici. Nous l'avons obtenue par l'action du formamide sur la méthyl (*p*-méthoxy-benzyl) cétone.

L'anéthole, servant de matière première, est soumis à l'action de l'acétate de plomb IV en milieu acétique : d'où le diacétate d'anétholglycol (¹); ce dernier, par ébullition avec une solution aqueuse à 20 % d'acide sulfurique, engendre la méthyl (*p*-méthoxy-benzyl) cétone (²) (rendement 65 %) qui présente les constantes suivantes : $É_{14}$ 140-141°; d_4^{18} 1,067; n_c^{15} 1,5237; n_D^{15} 1,5282; n_F^{15} 1,5048; tension superficielle γ_{18} 41,0 dynes/cm, d'où parachor observé 388; parachor calculé 391. Elle engendre un précipité d'iodoforme par l'hypoiodite de sodium, et sa semi-carbazone fond à 182°.

Cette cétone, traitée vers 180° pendant huit heures, par le formamide, est transformée en dérivé formylé d'amine selon un processus dont l'un de nous a déjà fait mention (³) : 90ᵍ de cétone et 95ᵍ de formamide fournissent une fraction bouillant à 171° sous 1ᵐᵐ (55ᵍ) qui se prend en une masse solide constituée par le (*p*-méthoxy-phényl)-1 N-formylamino-2 propane, $CH_3O—C_6H_4—CH_2—CH(CH_3)—NH—CHO$: c'est un corps fondant à 35°, qui, à l'état de surfusion, possède les constantes ci-après : d_4^{20} 1,092; n_C^{20} 1,535; n_D^{20} 1,5397; n_F^{20} 1,5517.

Ce dérivé formylé, chauffé pendant quatre heures à l'ébullition avec une solution alcoolique à 20 % de soude, conduit à l'amine libre (rendement 65 %).

La β-(*p*-méthoxy-phényl) isopropylamine est un liquide incolore, d'odeur ammoniacale faible, montrant les réactions des amines primaires : coloration rouge violet avec le nitroprussiate de sodium et l'acétone; coloration rouge avec le réactif de Sivadjian (tétrachloroquinone). Le dosage d'azote indique 8,48 %, ce que la théorie exige. Cette amine possède les constantes ci-après : $É_{14}$ 141°; d_4^{20} 1.000; n_C^{20} 1,5210; n_D^{20} 1,5254; n_F^{20} 1,5368; d'où les résultats réfractométriques :

	C.	D.	F.	F—C.
Réfraction moléculaire observée........	50,28	50,63	51,55	1,27
» » calculée........	49,52	49,84	50,59	1,07

(¹) Dimroth et Schweizer, *Ber. d. chem. Ges.*, **56**, 1923, p. 1384; Criegee, *Ann. der. Chem.*, **481**, 1930, p. 302.

(²) Tiffeneau et Daufresne, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 1356; Tiffeneau, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 1183; Le Brazidec, *Bull. Soc. Chim.*, **31**, 1922, p. 255.

(³) Dœuvre et J. L. Courtois, *Bull. Soc. Chim.*, **11**, 1944, p. 545.

La tension superficielle (pesée des gouttes) indique $\gamma_{20} = 36,5$ dynes/cm; d'où parachor observé = 406; parachor calculé = 412.

Le chlorhydrate de l'amine fond à 208-209° (bain de mercure).

L'activité capillaire, à l'égard de l'eau, est modérée dans le cas de l'amine, et à peine sensible avec le chlorhydrate : *a.* une solution aqueuse d'amine à 0,2 % marque, à 20°, une tension superficielle de 60 dynes/cm; d'où un abaissement relatif de 17 % ; *b.* une solution aqueuse de chlorhydrate d'amine à 0,5 % possède une tension superficielle de 71,5 dynes/cm; d'où un abaissement relatif de 2 %.

L'activité pharmacodynamique de l'amine libre a fait l'objet d'une étude récente ([4]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés bromés dans la chaîne du butynyl-1 benzène. Passage au phényl-1 buténybe-3.1.* Note de MM. **Raymond Quelet** et **René Golse**, présentée par M. Marcel Delépine.

Parmi les composés halogénés dans la chaîne dérivant du butynyl-1 benzène, seuls, les chlorures ont, jusqu'alors, été préparés.

Dans le but d'étudier leurs propriétés et, en particulier, leur aptitude à donner des réactions de substitution, nous avons préparé les deux dérivés monobromés simples et un dérivé bromo-éthoxylé; ce sont : le bromo-3 phénylbutyne-1 (I), le bromo-4 phénylbutyne-1 (II) et le bromo-4 éthoxy-3 phénylbutyne-1 (III)

$C_6H_5—C≡C—CHBr—CH_3$ (I)

$C_6H_5—C≡C—CH_2—CH_2Br$ (II)

$C_6H_5—C≡C—CH(OC_2H_5)—CH_2Br$ (III)

Les deux premiers s'obtiennent par action du tribromure de phosphore (en présence de pyridine) sur les alcools correspondants : le phénylbutyne-1 *ol*-3 résultant de l'action de l'éthanal sur le bromure de phényléthynyl-magnésium ([1]) et le phénylbutyne-1 *ol*-4 qui se prépare par action du même magnésien sur l'oxyde d'éthylène ([2]).

La préparation est très satisfaisante en ce qui concerne le premier de ces bromures; elle est moins avantageuse pour le second qui, malgré la présence de pyridine, est toujours accompagné de proportions notables d'un dérivé

([4]) Graham, Cartland et E. H. Woodruff, *Ind. Eng. Chem.*, 37, 1945, p. 149.

([1]) Moureu, *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1905, p. 155.

([2]) Faucounau, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 605.

dibromé résultant de la fixation de BrH sur la triple liaison

$$C_6H_5—C{\equiv}C—CH_2—CH_2OH$$
$$\xrightarrow{PBr_3} C_6H_5—C{\equiv}C—CH_2—CH_2Br + C_6H_5—CBr{=}CH—CH_2—CH_2Br.$$

La constitution de ce dernier : dibromo-1-4 phénylbutène-1 (IV) a été vérifiée par l'ozonolyse qui nous a donné directement de l'acide benzoïque.

Le bromo-4 éthoxy-3 phénylbutyne (III) s'obtient avec un rendement de 60 % par condensation de l'oxyde d'éthyle α-β-dibromé sur le magnésien du phénylacétylène :

$$C_6H_5—C{\equiv}CMgBr + C_2H_5O—CHBr—CH_2Br \rightarrow Br_2Mg + C_6H_5—C{\equiv}C—\underset{\displaystyle OC_2H_5}{\underset{|}{C}H}—CH_2Br$$

Les bromures I, II et III fixent facilement une molécule de brome en donnant les tribromophénylbutènes correspondants qui ont pu être isolés à l'état cristallisé et fondent respectivement à 80°, 43° et 64°.

Seul, le premier : bromo-3 phénylbutyne-1, dans la molécule duquel le brome occupe une position privilégiée, se prête à quelques réactions de double décomposition : il réagit en particulier, d'une façon normale, avec l'éthylate de sodium et avec le malonate d'éthyle sodé : par contre il ne donne rien avec le cyanure de potassium dans les conditions habituelles. Il a une grande tendance à céder une molécule d'acide bromhydrique en engendrant le phényl-1 buténype-3.1 (V) qui se forme déjà dans la proportion de 27 %, en mélange avec l'éthoxy-3 phénylbutyne-1 (VII), par ébullition avec une solution hydroalcoolique de potasse.

Le bromo-4 phénylbutyne et le bromo-4 éthoxy-3 phénylbutyne perdent BrH par ébullition avec la potasse alcoolique et par action des alcoolates alcalins. Avec le premier on prépare ainsi le phényl-1 buténype-3.1 avec un rendement de 45 % (le rendement est limité par la formation de résines); le second conduit à l'éthoxy-3 phénylbuténype-3.1 (VI).

Le phényl-1 buténype-3.1 que nous avons obtenu également, mais avec un rendement faible, par action de la poudre de zinc sur le bromo-éthoxy phénylbutyne, est un liquide incolore d'odeur forte qui se polymérise rapidement en un liquide jaunâtre insoluble dans l'alcool. Il fixe deux molécules de brome en donnant le tétrabromo-1.2.3.4 phénylbutène-1, F 89°.

Hydrogéné sous pression, à 50°, sur Ni de Raney, il donne le butylbenzène normal. Si l'opération est effectuée sous la pression normale, l'absorption d'hydrogène s'arrête pratiquement lorsque les 2/3 du volume théorique ont été fixés. La courbe d'hydrogénation accuse un maximum très prononcé après la fixation d'une molécule H_2.

	Point d'ébullition.	d_4^{20}.	N_D^{20}.	Réfr. molée. calc.	Réfr. molée. tr.
I. $C_6H_5-C\equiv C-CHBr-CH_3$......	É 20^{mm} : 132-133°	1,329	1,6050	50,56	54,14
II. $C_6H_5-C\equiv C-CH_2-CH_2Br$.....	18 : 145°	1,364	1,5951	50,56	52,07
III. $C_6H_5-C\equiv C-CH(OC_2H_5)-CH_2Br$.....	25 : 168	1,305	1,5638	61,44	63,06
IV. $C_6H_5-CBr=CH-CH_2-CH_2Br$	15 : 168	1,644	1,6082	59,86	61,01
V. $C_6H_5-C\equiv C-CH=CH_2$.........	20 : 96	0,948	1,6018	42,34	46,30
VI. $C_6H_5-C\equiv C-C(OC_2H_5)=CH_2$..........	6 : 116-117	1,013	1,5723	53,22	55,88
VII. $C_6H_5-C\equiv C-CH<^{CH_3}_{OC_2H_5}$......	8 : 107	0,956	1,5268	53,65	55,88

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouveaux α-oximino-acides*. Note de MM. **Jacques Parrod** et **Max Rahier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons préparé, en appliquant la méthode de L. Bouveault et R. Locquin [1], l'acide méthylthio-4 oximino-2 butanoïque,

$$CH_3-S-CH_2-CH_2-C(NOH)-CO_2H,$$

dont la parenté avec la méthionine est évidente, ainsi que l'acide oximino-2 pentène-4 oïque,

$$CH_2=CH-CH_2-C(NOH)-CO_2H.$$

Au point de vue biologique, ces combinaisons ne sont pas dépourvues d'intérêt, car on entrevoit l'intervention de l'hydroxylamine et des oximino-acides dans le métabolisme de l'azote, mais notre but est surtout d'essayer de passer ensuite aux céto-acides correspondants.

Afin d'obtenir l'acide méthylthio-4 oximino-2 butanoïque, on commence par condenser, en présence d'éthylate de sodium et d'alcool absolu, le méthylthio-2 chloro-1 éthane et l'acétylacétate d'éthyle,

$$CH_3-S-CH_2-CH_2Cl + CH_3-CO-CHNa-CO_2C_2H_5$$
$$\rightarrow ClNa + CH_3-S-CH_2-CH_2-CH(CO-CH_3)-CO_2C_2H_5.$$

Après évaporation de l'alcool, l'acétyl-2 méthylthio-4 butanoate d'éthyle formé est rectifié. C'est un liquide jaunâtre, É 129° sous 5^{mm}, insoluble dans l'eau, miscible à l'alcool et à l'éther. Sa solution se colore en bleu sous l'influence d'une trace de chlorure ferrique. Lorsqu'on le traite par le nitrite d'éthyle et l'éthylate de sodium, la réaction de Bouveault et Locquin se

---

(1) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 3e série, 31, 1904, pp. 1058-1061.

produit de façon régulière

$$CH_3-S-CH_2-CH_2-CNa(CO-CH_3)-CO_2C_2H_5+NO_2C_2H_5$$
$$\rightarrow CH_3-S-CH_2-CH_2-C(NONa)-CO_2C_2H_5+CH_3-CO_2C_2H_5.$$

La combinaison sodée est reprise par l'eau et l'acide sulfurique dilué, puis on extrait à l'éther. L'oximino-2 méthylthio-4 butanoate d'éthyle distille, après plusieurs passages, à 159-160° sous 2^{mm}. C'est un liquide jaunâtre, qui, par refroidissement, se prend en une masse cristalline blanche, F 44°, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther.

Pour saponifier ce produit, le mieux est de l'agiter plusieurs jours avec de l'acide chlorhydrique étendu; il se transforme en un liquide huileux, qui fait place peu à peu à de belles aiguilles incolores d'acide oximino-2 méthylthio-4 butanoïque, F 130°. Elles se dissolvent dans l'eau chaude, d'où elles cristallisent par refroidissement, dans l'alcool et les autres solvants usuels.

Nous avons obtenu l'acide oximino-2 pentène-4 oïque, en passant par des étapes analogues, à partir du bromure d'allyle. La combinaison résultant de la condensation de ce dernier avec l'acétylacétate d'éthyle avait été décrite, mais on ne trouve aucune indication concernant l'action du brome. Il réagit vivement sur l'allyl-acétylacétate d'éthyle, en solution dans le tétrachlorure de carbone, cependant, contrairement à ce que l'on pourrait attendre, dès les premières gouttes, on observe un dégagement d'acide bromhydrique, et nous avons isolé un produit de substitution monobromé, sans doute l'acétyl-2 bromo-2 pentène-4 oate d'éthyle, $CH_2=CH-CH_2-CBr(CO-CH_3)-CO_2C_2H_5$ cristallisé en prismes incolores, F 71°, solubles dans les solvants usuels, à l'exception de l'eau. Il décolore, sans dégagement notable d'acide bromhydrique, la quantité calculée de brome, ce qui confirme l'existence d'une liaison éthylénique dans sa molécule.

Traité par le nitrite d'éthyle et l'éthylate de sodium, l'allyl-acétylacétate d'éthyle donne l'oximino-2 pentène-4 oate d'éthyle

$$CH_2=CH-CH_2-C(NOH)-CO_2C_2H_5,$$

É 124-125° sous 3^{mm}. Il se solidifie en une masse d'aiguilles cristallines, F 9°,5, insolubles dans l'eau. Dissous dans le tétrachlorure de carbone, il décolore deux atomes de brome. Par évaporation, se déposent des prismes incolores d'oximino-2 dibromo-4.5 pentanoate d'éthyle

$$CH_2Br-CHBr-CH_2-C(NOH)-CO_2C_2H_5,$$

insolubles dans l'eau, solubles dans les autres solvants; on le purifie par cristallisation dans l'hexane, F 75°.

Saponifié en milieu chlorhydrique, l'oximino-2 pentène-4 oate d'éthyle fournit l'acide oximino-2 pentène-4 oïque, substance huileuse caractérisée par ses propriétés acides.

En résumé, nous avons indiqué deux suites de réactions, conduisant respectivement aux acides méthylthio-4 oximino-2 butanoïque et oximino-2 pentène-4 oïque, et nous avons décrit les principales propriétés des composés obtenus.

BOTANIQUE. — *Sur les galles de* Thonningia coccinea. Note de M. **Georges Mangenot**, présentée par M. Roger Heim.

Les racines de *Thonningia* (¹) étendent sur de vastes surfaces leurs branches entrecroisées : elles rencontrent, partout, les racines des arbres environnants. Si un contact intervient entre l'une d'elles et une racine encore jeune et fine d'un arbre, une soudure s'établit entre les deux organes. Soudure d'abord superficielle, puis très intime; l'écorce de la jeune racine prolifère dans celle du *Thonningia* où s'organise une ébauche d'organe absorbant; la racine de *Thonningia* réagit : son parenchyme se recloisonne dans la région entourant le point de pénétration; ce dernier est bientôt recouvert par les tissus néoformés; la racine ainsi captée se flétrit dans sa portion apicale; désormais esclave au service de l'organe qui l'a prise, elle va s'épaissir peu à peu, son extrémité restant engagée dans la racine ravisseuse qui se gonfle, autour de sa proie, en une galle de plus en plus volumineuse. N'importe quelle espèce peut être capturée : des Moracées (*Antiaris*, *Myrianthus*), des Euphorbiacées (*Bridelia*), des Légumineuses (*Baphia*), des Apocynacées (*Funtumia*), etc. Une racine de *Thonningia* peut porter des galles formées à partir d'essences différentes. Seules les racines de plantes herbacées sont inutilisables.

Des coupes de galles de divers âges révèlent que la tumeur résulte d'un recloisonnement de plus en plus étendu du parenchyme fondamental de la racine du parasite. Dans ce parenchyme secondaire, dépourvu de piliers sclérenchymateux, se développe, de la même manière que dans la racine, un lacis de faisceaux libéro-ligneux surnuméraires; enfin, ce parenchyme est traversé, en tous sens, par les innombrables cordons, cylindriques ou aplatis, du système absorbant.

Un cordon absorbant se présente comme pourvu d'une écorce et d'un cylindre central; il est extérieurement limité par une nappe de cellules laminées, appartenant au parenchyme de la cécidie, et qu'il écrase au cours de sa croissance. *La structure des cordons absorbants est invariable, dans ses grandes lignes, quel que soit l'hôte capturé.*

Le cylindre central comprend, dans les parties les plus jeunes du cordon, quelques files de grandes cellules, d'abord globuleuses, puis allongées (*cellules de Heinricher :* ce savant les découvrit, en 1907, chez *Balanophora*), noyées dans la partie axiale d'un massif de petites cellules à contour polygonal, sans méats; celles de ces petites cellules qui sont au contact des cellules de Heinricher se différencient très tôt en vaisseaux réticulés, et cette différenciation

(¹) G. Mangenot, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 587.

s'étend en direction centrifuge. Puis, autour de ce groupe ligneux primaire, dont la disposition, sans pôles, n'est ni celle d'une racine ni celle d'une tige, se forme, au sein de la couche périphérique de petites cellules, une assise génératrice produisant, normalement, du bois et du liber. Ainsi se constituent des cordons libéro-ligneux qui seraient d'aspect banal si ne subsistaient, dans l'axe du cylindre ligneux, les cellules de Heinricher dont la paroi échappe, au moins pendant très longtemps, à toute lignification.

L'écorce comprend, intérieurement, une couche de grandes cellules dont l'extrémité interne, conique, s'insinue entre les éléments périphériques du cylindre central. Autour de cette assise, d'allure endodermique, on observe deux ou trois strates de cellules à paroi très mince, mais lignifiée (la lignification s'étendra aux parois externes de l'assise *endodermique*) et, enfin, autour de celle-ci, quelques couches de cellules à paroi mince et cellulosique. Très tôt, certaines de ces cellules, situées immédiatement sous le revêtement laminé, produisent des faisceaux libéro-ligneux surnuméraires, identiques à ceux du parenchyme de la cécidie et se raccordant avec eux.

Ces cordons s'allongent peu, mais se ramifient sans cesse dans le parenchyme dont l'hyperplasie est liée à leur développement. Ils ne possèdent pas de méristème : une écorce, d'abord peu différenciée (pas de cellules lignifiées ni de faisceaux surnuméraires), les engaine à leur sommet : de cette écorce apicale se détachent les éléments globuleux constituant les sommets des files de cellules de Heinricher.

L'étude cytologique montre que de tels cordons sont de véritables *chimères* : le cylindre central : bois — sauf les cellules de Heinricher —, liber, assise génératrice, est constitué par les cellules de l'hôte, souvent riches en amidon, caractérisées par leurs noyaux, dont la structure varie suivant les espèces. Les cellules de Heinricher et l'écorce appartiennent au parasite : on y retrouve ses noyaux caractéristiques ; on n'y décèle jamais d'amidon. Le parasite a *domestiqué* son hôte ; il vit en intime union avec lui, imposant à cette association une structure constante (le bois des cordons absorbants offre les mêmes dispositions que dans les parties libres ; mais les caractères propres au liber de chaque hôte, fibres, stratification, etc., ne se développent pas) ; par les cellules de Heinricher, il prélève à l'intérieur du cylindre ligneux et, par son *endoderme* papilleux, à l'extérieur du revêtement libérien, les matériaux apportés par les tissus conducteurs de l'hôte. Cet organe mixte se développe avec une synergie parfaite, sans séparation entre les tissus d'origine différente : seule la considération des noyaux ou celle de l'amidon permettent de tracer les frontières entre les deux espèces associées qui conservent intégralement, comme dans un bourrelet de greffe, leurs caractères cytologiques et biochimiques particuliers.

Telle est la structure de cet étrange cécidie : le parasite réagit, par une intense hyperplasie, à la pénétration, dans sa racine, de suçoirs formés à la fois par son hôte et par lui-même.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les enclaves de l'oospore de* Plasmopara viticola (*Berk. et Curt.*) *Berl. et de Toni.* Note de M. **Marcel Bosc.**

La nature des enclaves de l'oospore de *Plasmopara viticola* est à peu près inconnue. Arens (1929) (¹) signale des *inclusions en position centrale* et ajoute que « si on broie des oospores leur contenu se colore par le soudan ou l'acide osmique ». Notre étude a été faite à la fois sur du matériel fixé par les liquides de Meves, Champy, Nawaschin et non fixé. Les matières de réserve ont été suivies depuis la formation de l'oospore jusqu'à sa germination en avril-mai.

Le rouge neutre ne décèle pas de formations vacuolaires. Le bleu d'indophénol, le soudan III, l'acide osmique permettent de reconnaître, au début de la formation de l'oospore, la présence de globules lipidiques qui se groupent rapidement en un globule central, grosse vésicule dont l'éther dissout le contenu mais laisse apparaître la membrane qui présente alors l'aspect d'une pellicule plissée. Au cours des mois suivants, le gros globule prend une structure homogène et se résout en un grand nombre de petits globules peu avant la germination de l'oospore.

L'acide sulfurique et le lugol n'ont permis de mettre en évidence au niveau des globules ni chromolipides, ni carotinoïdes, ni galactolipines. La réaction de Liebermann, caractéristique du cholestérol et de ses esters, est négative ainsi que la biréfringence. Le bleu de Nil (coloration de L. Smith) les colore mais la régression par l'acide acétique est difficile. On peut donc penser qu'on se trouve en présence de glycérides, de lipides et d'acides gras. La fuchsine acide donne aux globules la même coloration et la même réfrigence qu'au chondriome, ce qui fait penser à une constitution lipo-protéidique des globules ou de la membrane qui les referme.

Les réactions des protides, cependant (Millon, Derrien et Turchini), sont négatives. En octobre, le bleu d'indophénol colore les globules lipidiques en violet (même après 6 heures d'immersion dans l'hydrate de chloral); en mai, ils prennent une coloration bleue. Cette variation de teinte paraît être sous la dépendance du pH des formations lipidiques. La présence d'acides gras pourrait la justifier. Voici, en effet, la teinte que prend le bleu d'indophénol en fonction du pH : 2, 2 : rose; 4, 5 : violet mauve; 6 : violet bleu; 7 : bleu un peu violacé; 8 : bleu. Les petits globules lipidiques observés en mai disparaissent progressivement et se fusionnent avec le cytoplasme. Ils sont alors masqués et rappellent les *cénapses* de Machebœuf (1937) (²).

Nous avons trouvé au début de la formation de l'oospore des granulations amyloïdes de 2 à 6$^{\mu}$, à cassure irrégulière, colorables très nettement en bleu

---

(¹) *Jahr. f. Wissensch. Bot.*, 70, 1929, p. 57.

(²) *État des lipides dans la matière vivante*, Paris, 1937.

par le lugol. Ces granulations sont libres ou incluses dans une masse que le lugol colore en brun acajou ou en jaune. Malgré tout le soin que nous avons apporté à cette recherche, nous n'avons pu leur attribuer une origine mitochondriale. L'apparition des granules amyloïdes coïncide avec la coloration violette des globules lipidiques colorés jusqu'alors en bleu par le bleu d'indophénol. La concomitance de ces deux phénomènes permet de penser que les granulations amyloïdes se forment à partir des matières grasses par un métabolisme analogue à celui déjà connu pour la graine, laquelle, sous l'action d'une lipase, produit des substances sucrées avec mise en liberté d'acides gras disparaissant par la suite. La libération et la disparition d'acides gras permettent de justifier chez *Plasmopara viticola* la coloration violette et plus tard bleue que le bleu d'indophénol donne aux globules.

On peut penser que les granulations amyloïdes naissent dans le cytoplasme. Par ce mode de formation et par leur structure elles rappellent l'amidon des Algues Floridées (Mangenot, 1923)([3]). Cette analogie de métabolisme entre algue et « champignon aquatique » est à rapprocher de celle que nous avons déjà signalée ([4]) entre zoospores de *Plamopara viticola* et spermatozoïdes de *Fucus serratus* et de *Fucus vesiculosus*. Les granulations amyloïdes ont une existence très brève. Elles doivent, après modification chimique et fusion avec le cytoplasme, se condenser dans l'endospore où le carmin de Best et la réaction de Bauer révèlent la présence de saccharides.

A la germination on peut signaler une discontinuité morphologique du chondriome qui est à rapprocher de celle déjà signalée par Fauré-Frémiet (1921) ([5]) dans les œufs de *Sabellaria alveolata* L. On assiste ainsi à un vrai brassage de la matière vivante au moment où le noyau zygotique ([6]), par une série de divisions rapides, aboutit à la formation de noyaux promitotiques.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la cyclose sur les chondriosomes des cellules de Chicorée et de Scorsonère immergées dans l'eau.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

A quelques détails près, nous avons retrouvé avec les racines de Scorsonères les résultats de l'action de l'eau sur les cellules de Chicorée, résumés précédemment.

Dans une même cellule vivante, l'aspect des chondriosomes peut varier réversiblement plusieurs fois en 24 heures, et nous avons vérifié l'existence ([1])

([3]) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 183.
([4]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 407.
([5]) *C. R. Soc. Biol.*, **85**, 1921, p. 986.
([6]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 584.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 970 et 1187; **224**, 1947, p. 359.

de relations entre ces variations et l'activité de la cyclose. Nous avons reconnu que lorsque les cellules demeurent dans l'eau dans des conditions telles que la cyclose soit très ralentie, elles présentent de longs chondriocontes. Il est possible d'obtenir ces chondriosomes démesurés, décrits après fixation ([1]), même sur des coupes vivantes montées dans l'eau, à condition de les abandonner pendant plusieurs jours en atmosphère humide, sans créer d'excitation par l'observation microscopique ou le renouvellement de l'eau de montage.

D'autre part, sur des coupes effectuées après immersion des tubercules dans l'eau pendant 12 à 24 heures (moins parfois), on retrouve ces grands chondriosomes en examinant *immédiatement* les préparations.

Dans d'autres séries d'expériences, 2 lots de fragments du même tubercule sont immergés dans l'eau distillée, l'un à la glacière (à 0°), l'autre à l'étuve à 26° pendant 4 à 24 heures. A 0°, ces tissus ne paraissent nullement souffrir : les cellules présentent une cyclose comparable à celle de témoins ; les chondriosomes ne se modifient pas. Au contraire, la température de 26° est excessive ; les cellules ne présentent plus de cyclose; corrélativement, elles renferment des chondriosomes hypertrophiés et démesurément allongés.

En prolongeant l'observation de préparations vivantes, renfermant de longs chondriocontes, on voit la cyclose redevenir active sous le microscope éclairé. Quelques minutes plus tard, les longs chondriocontes se sont segmentés en nombreux éléments beaucoup plus courts.

L'ensemble de nos expériences nous a conduit à reconnaître une double hétérogénéité des chondriosomes.

1° Le chondriome, considéré dans son ensemble, est hétérogène. P. Dangeard a déjà remarqué ce fait ([2]) en traitant des poils épidermiques par l'eau acétique. Sur notre matériel, l'action de l'eau seule permet de distinguer : *a*. les leucoplastes qui se transforment en vésicules parfois beaucoup plus volumineuses que le noyau ; *b*. des chondriosomes qui s'hypertrophient, mais se vésiculisent peu ; *c*. des chondriosomes qui ne réagissent pas sensiblement.

2° D'autre part, chaque chondriosome paraît lui-même hétérogène. Nous l'avions déjà signalé en étudiant la dédifférenciation. Mais Meites a réellement attiré l'attention sur ce fait ([3]) en observant la *granulisation* de chrondriocontes sous l'effet de l'eau benzinée.

L'eau distillée suffit à produire, chez la Chicorée, des altérations assez comparables ; chaque chondriosome forme une succession d'articles renflés, séparés par des constrictions beaucoup moins réfringentes. Les plus courts n'ont généralement que 2 articles, les longs chondriocontes en ont fréquemment de 5 à 10. La technique de Regaud montre que certaines de ces

---

([2]) *Le Botaniste*, 1941-42, 31° série, p. 220.

([3]) *Thèse Fac. des Sc. Montpellier*, 1944, pp. 50, 70 et 144.

constrictions ne sont pas sidérophiles. Il semble qu'une substance peu colorable entoure les régions colorées par l'hématoxyline et soit seule présente dans ces constrictions. Sous l'effet de la cyclose, les régions étranglées s'étirent et se rompent, séparant les articles successifs. Ceci peut être observé directement sur le vivant.

Inversement, les chondriosomes ont la curieuse propriété de se disposer bout à bout, puis de confluer par leurs extrémités. Ces processus se produisent, sous l'effet de l'eau, uniquement lorsque la cyclose s'annule; nous n'avons pas réussi à les suivre au microscope, mais ils se déduisent des observations suivantes :

a. Lorsque les chondriosomes sont très longs, ils sont beaucoup moins nombreux dans chaque cellule que lorsqu'ils sont courts. Or nous n'avons jamais observé de destruction de chondriosomes dans ces processus. — *b*. Les préparations fixées et colorées montrent de nombreuses discontinuités, très peu colorables, dans les longs chondriocontes obtenus par l'immersion des tubercules. — *c*. On voit dans certaines de ces préparations, à côté de longs chondriocontes à constrictions peu colorables, des chondriosomes plus courts, nettement disposés bout à bout, mais ne paraissant pas anastomosés. — *d*. L'observation vitale nous a montré à plusieurs reprises que certains chondriocontes très longs se rompent *en quelques secondes*, dès que la cyclose renaissante les atteint, tandis que d'autres présentent des constrictions qui résistent plusieurs minutes (parfois plus de 15) aux forces d'étirement de la cyclose. Il y a donc des cas où les chondriosomes se sont simplement alignés bout à bout, et d'autres où cet alignement a été suivi d'une anastomose. Cette dernière se produit au moyen d'une substance peu colorable.

La cause de ces rapprochements ne nous est pas connue. Pourtant, nous avons observé que la cyclose, en se ralentissant, se localise parfois en travées entourant des territoires cytoplasmiques immobiles. Cette sorte de canalisation intervient probablement dans l'alignement des chondriosomes, en même temps que des forces électriques.

Terminons en remarquant que les chondriosomes sont courts dans les cellules à cyclose rapide comme dans les cellules présentant une grande activité (méristèmes, cellules en mitose); ils sont longs dans les cellules à cyclose lente, comme généralement dans celles qui paraissent peu actives (épidermes, parenchymes, etc.).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les hétérosides du* Catalpa bignonioides *Walt* (*Bignoniacée*) *et du* Paulownia tomentosa *C. Koch* (*Scrofulariacée*). Note [1] de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le *Catalpa bignonioides* et le *Paulownia tomentosa* sont deux arbres de port analogue mais dont les fleurs et les fruits très différents justifient leur place

(1) Séance du 17 février 1947.

dans des familles distinctes. J'ai recherché s'ils ne présentaient pas aussi une similitude biochimique en ce qui concerne leurs hétérosides.

La méthode biochimique de Bourquelot, appliquée à leurs écorces, feuilles, fleurs et fruits, a décelé presque partout la présence d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine, avec brunissement de la liqueur et précipité noirâtre. Les fruits de *Catalpa* sont les plus riches en hétérosides : ils ont donné, en juillet, une déviation initiale très lévogyre ($\alpha = -9°$); l'émulsine y a formé $0^g,96$ de sucre réducteur pour 100^g frais, avec noircissement très net. Les fruits de *Paulownia* (placentas seuls) sont plus pauvres : déviation initiale $\alpha = -2°$, sucre réducteur formé 0,44, brunissement moins intense. L'action de l'émulsine sur des liqueurs déféquées incolores de feuilles de *Paulownia* n'y a pas produit de jaunissement sensible. En général, le *Catalpa* donne des brunissements plus accentués et des indices plus faibles que le *Paulownia*.

En 1943, Mlle Chollet a extrait le catalposide des fruits de *Catalpa* [2]. Ignorant alors ses travaux, j'ai obtenu, vers la même époque, une cristallisation abondante après avoir repris par l'eau un extrait alcoolique de fruits verts de *Catalpa* : examinée plus tard, la substance obtenue a été identifiée au catalposide (rendement : 6^g brut pour 280^g de fruits); il est donc possible d'éviter la défécation plombique, ce qui augmente le rendement. La même méthode, appliquée aux fruits de *Paulownia*, avec ou sans défécation, n'a pas fourni de catalposide.

Une autre méthode a été appliquée aux écorces de *Catalpa* : la poudre sèche est épuisée par l'acétone; l'extrait acétonique est traité par l'eau bouillante; après séparation de la chlorophylle et des lipides, la liqueur aqueuse est soumise à la défécation plombique, avec élimination de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré; l'extrait déféqué est ensuite épuisé à plusieurs reprises par l'acétate d'éthyle bouillant. Les liqueurs obtenues laissent cristalliser un hétéroside différent du catalposide (rendement : $0^g,05$ pur pour 80^g d'écorces sèches). Il se présente en aiguilles solubles dans l'acide sulfurique avec coloration rousse, dans l'acide nitrique froid sans coloration. Il fond à 207°. Il est hydrolysable par les acides et par l'émulsine : sa solution jaunit, brunit, se trouble, avec précipité brun noir et formation d'un sucre réducteur dextrogyre. Il se distingue du catalposide par l'absence de saveur amère et de double point de fusion, par sa plus grande solubilité dans l'eau et son pouvoir rotatoire moins lévogyre. Il ne donne pas la réaction de Charaux caractéristique de l'aucuboside. Je pense que cet hétéroside est nouveau et je lui donne le nom de *catalpinoside*.

Dans les mêmes conditions, les écorces de *Paulownia* ont fourni $0^g,45$ d'un hétéroside qui présente toutes les propriétés précédentes du catalpinoside : il lui

---

[2] H. COLIN, G. TANRET et M.-M. CHOLLET, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 677.

est probablement identique. Son pouvoir rotatoire en solution aqueuse est $\alpha_D = -93°$ (hydraté) ou $-102°$ (anhydre).

En outre, des écorces provenant d'un autre arbre ont donné une quantité bien inférieure de cet hétéroside accompagné d'un hétéroside différent ($0^g,35$ pur pour 80^g d'écorces sèches). Ce dernier se présente en longues aiguilles solubles dans l'acide sulfurique avec coloration bleu pourpre; dans l'acide nitrique avec coloration rouge. Il fond à 191°; son pouvoir rotatoire est $\alpha_D = -18°$. Par hydrolyse acide, il donne un aglycone insoluble devenant rose puis brun clair. Toutes ces propriétés ont permis de l'identifier au *syringoside* des Lilas et Troènes. Cela fait apparaître un lien biochimique entre les Oléacées et Scrofulariacées qui n'ont pourtant pas une étroite parenté systématique.

J'ai étendu mes recherches à quelques autres *Catalpa*. L'action de l'émulsine sur des liqueurs déféquées a montré l'existence d'hétérosides à aglycone brunissant, dans les rameaux, feuilles et fleurs de toutes les variétés examinées de *Catalpa bignonioides* : *pulverulenta* Hort., *Kœhnei* Dode, *japonica* Rehd., *purpurea* Rehd.; il faut y ajouter une variété *semiplena* que j'ai découverte dans le parc des Buttes-Chaumont et non mentionnée dans les ouvrages d'horticulture. Il en est de même du *C. speciosa* Warder, du *C. Kæmpferi* Sieb., du *C. Bungei* C. A. Mey. Le brunissement a été plus faible avec le *C. Duclouxii* Dode, nul avec le *C. Fargesi* Bur.

J'ai extrait le catalposide pur des fruits de *C. bignonioides* var. *japonica*, de *C. speciosa*, de *C. Kæmpferi* (ce dernier en contient très peu), et le catalpinoside pur des fleurs de *C. lignonioides* var. *Kœhnei*.

En résumé, le *Catalpa* et le *Paulownia* renferment chacun, dans leurs écorces, un hétéroside nouveau à aglycone oxydable : sous réserve de vérification complémentaire, il paraît être identique dans les deux arbres, c'est le catalpinoside. Le *Paulownia* renferme en outre du syringoside.

ZOOLOGIE. — *Anatomie du système glandulaire céphalique chez* Bacillus rossii, Fabricius (*Orthoptères*). Note [1] de M. **Charles Boisson**, présentée par M. Maurice Caullery.

Depuis quelques années, l'attention a été attirée sur des organes glandulaires présents dans la tête des Insectes, restés longtemps mystérieux, ou considérés comme d'origine et de nature purement nerveuses; les recherches modernes ont montré qu'ils fonctionnaient comme de minuscules glandes endocrines, intervenant dans la mue, la métamorphose et aussi, dans certains cas, dans le fonctionnement génital.

Ces organes n'ont pas partout la même localisation précise, ni la même forme; et chaque espèce doit être examinée de très près à ce point de vue.

---

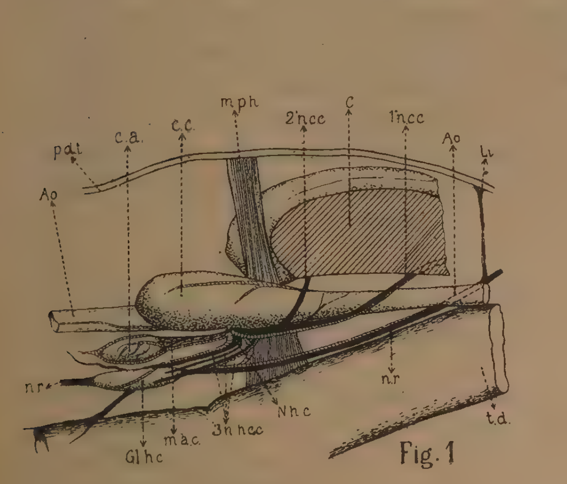
[1] Séance du 17 février 1947.

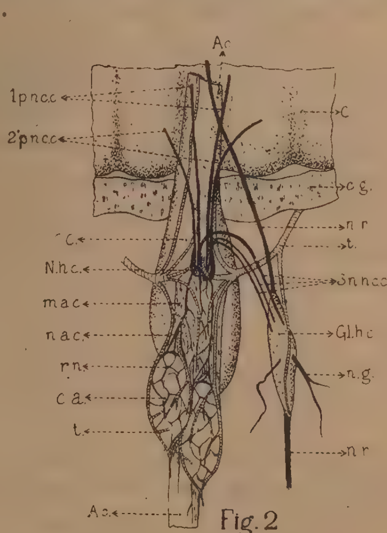
Les Orthoptères ont été assez étudiés; en particulier les Bacillinés parmi les Phasmides. Nous avons poursuivi depuis plusieurs années, chez *Bacillus rossii*, des recherches dont une partie que nous résumons ici concerne l'anatomie de la tête.

A vrai dire, ce même insecte avait été examiné par de Sinéty et Heymons; mais leurs données ont besoin d'être complétées et précisées.

Les auteurs semblent actuellement s'accorder pour décrire chez les Bacillinés, deux paires de glandes céphaliques différentes, visibles anatomiquement : les *corpora allata* et les *corpora cardiaca*. Il existe d'autres formations glandulaires microscopiques, dont nous ne parlerons pas ici.

Chez *Bacillus rossii*, les *corpora cardiaca* apparaissent comme deux épaississements latéraux et très saillants de l'aorte céphalique. Ils constituent deux petits organes allongés, en forme de larmes (*c. c. fig.* 1), placés sous la moitié postérieure du cerveau et prolongés en arrière.





Complexe hypocérébral de *Bacillus rossii* vu de côté (*fig.* 1) et par dessous (*fig.* 2); dessins demi-schématiques.

c., cerveau; *c. g.*, bande de corps gras; *c. c.*, *corpora cardiaca*; *Ao.*, aorte; *Gl. h. c.*, ganglion hypocérébral; 1° *p. n. c. c.*, 1° paire de nerfs cérébrocardiaques; 2° *p. n. c. c.*, 2° paire; *n. r.*, nerf récurrent; 3° *n. h. c. c.*, 3° nerfs hypocérébro-cardiaques; *N. h. c.*, nœud hypocardiaque; *m. a. c.*, membrane allato-cardiaque; *n. a. c.*, nerfs allato-cardiaques; *r. n.*, réseau nerveux à la surface des *corpora allata*; *t*, trachées; *n. g.*, nerf gastrique; *p. d. t.*, paroi de la tête; *t. d.*, tube digestif; *c. a.*, *corpora allata*; *m. ph.*, muscle pharyngien.

Les *corpora allata* ont l'aspect de deux petites masses situées encore au-dessous et plus en arrière, juste au-dessus du tube digestif. Tous ces organes sont fortement innervés. Les *corpora cardiaca* reçoivent, au milieu de la ligne ventrale qui les réunit, deux paires de nerfs cérébro-cardiaques (1 *p. n. c.* et 2 *p. n. c. fig.* 1 et 2). Ils sont reliés, de chaque côté, au ganglion hypo- érébrál (*gl. hc.*) par trois paires de nerfs hypocérébro-cardiaques (*n. hcc.*). Tous

ces filets nerveux pénètrent dans les *corpora cardiaca* au même point, que nous pouvons appeler le *hile* cardiaque commun aux deux organes. Un rameau trachéen s'insinue avec eux. Avant d'entrer dans le hile, toutes ces liaisons nerveuses et trachéennes forment une saillie : le *nœud hypocardiaque*.

Les *corpora allata* sont deux organules elliptiques séparés, mais contigus et décalés l'un par rapport à l'autre. Ils flottent dans l'hémolymphe, mais sont reliés au nœud hypocardiaque par une fine *membrane allato-cardiaque*. Sur celle-ci, on voir courir des filets nerveux et des rameaux trachéens, qui forment un réseau recouvrant les *corpora allata* sans pénétrer à leur intérieur. Deux des principaux filets nerveux proviennent de la deuxième paire de nerfs cérébro-cardiaques, dont ils se sont détachés aux niveau du nœud hypocardiaque. En réalité, comme les coupes histologiques le démontrent, la membrane allato-cardiaque est formée de deux feuillets indépendants, entre lesquels se trouvent logés les *corpora allata*.

Les filets nerveux entrent et se ramifient dans les *corpora cardiaca* où on les retrouve sur les coupes. Celles-ci montrent deux nerfs intra-cardiaques antérieurs, sur lesquels on observe deux petites masses ganglionnaires, une dans chaque corpus, un peu en avant du hile. Ce ganglion intra-cardiaque est relié par une fine anastomose au nerf cérébro-cardiaque de la première paire.

Mieux qu'une longue description, les deux figures demi-schématiques annexées à cette Note font comprendre la disposition et les rapports complexes de tous ces organes.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les Tissus de régénération en culture* in vitro. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les phénomènes de régénération, par leurs manifestations d'ordres divers, ont été rapprochés de ceux observés dans le développement embryonnaire. D'autre part, entre de nombreuses propriétés, le tissu embryonnaire montre une particulière faculté de survie *in vitro*. Nous avons recherché s'il en est de même pour le tissu de régénération. Nous avons utilisé, comme organe à explanter, des blastèmes de régénération de membres de Tritons crétés (*Molge cristatus*) adultes, prélevés à différents stades de développement. La mise en culture, en goutte pendante, faite selon les méthodes habituelles, a comporté un milieu ordinairement constitué de plasma de Poule, jus embryonnaire de Poulet dilué et sérum selon les cas [1]. Température optimum de culture, 21°C.

---

(1) L'emploi de plasma de Lapin, de jus de bourgeons de régénération broyés, nous ont donné des résultats identiques. L'asepsie préalable des régénérats a été réalisée par un premier lavage au Viviode (produit commercial), pendant une minute, suivi de lavages à l'hyposulfite de soude et au Ringer stérile, puis dépouillement du *stratum corneum* recouvrant le régénérat.

Le bourgeon de régénération est constitué d'éléments cellulaires variés et ceux-ci réagissent, *in vitro*, différemment. Dès l'abord, nous réservant de revenir sur ce sujet, nous signalerons que le complexe de régénération se manifeste surtout en trois directions évolutives : épithéliale, histiocytaire et surtout fibroblastique. Le temps de latence de croissance est, dans tous les cas, généralement long, eu égard aux tissus embryonnaires. Il est fonction de l'état de développement du régénérat. Dans le cas d'un explant de précartilage, la croissance n'a débuté qu'au dixième jour après la mise en culture. Ainsi le temps de latence exprime l'état de différenciation des éléments cellulaires du régénérat.

La croissance la plus immédiate est observée dans les bourgeons définis au stade de *cône*. Dans ses grandes lignes, l'allure générale de toutes les cultures rappelle celle observée avec les explants embryonnaires. Par ailleurs, alors que les tissus de régénération montrent une bonne aptitude à la culture, les tissus normaux du même organe, qui sont à l'origine de la formation du régénérat, en conditions identiques, ne montrent, eux, aucune aptitude. Ainsi, au cours de la régénération, les tissus intéressés directement à la nouvelle morphogénèse sont modifiés en un certain état de différenciation; placés *in vitro* dans les conditions énumérées ci-avant, ils manifestent alors des possibilités de croissance analogues à celles des tissus embryonnaires. Toutefois, cette analogie est limitée, ainsi que le montrent les résultats de l'expérience suivante : des portions, ou même des bourgeons entiers de régénération, ont été placés en flacons Carrel, dans la solution saline de Holtfreter, pendant des temps variables. Alors que des parties isolées d'œufs en gastrulation de Batraciens continuent leur développement ([2]), les explants des régénérats n'évoluent pas ([3]). Leur étude histologique montre qu'ils se sont conservés dans le même état. Ils ne possèdent pas le potentiel nécessaire pour se développer et se différencier isolément, comme les différentes parties du germe. Du reste, l'absence d'énergie résiduelle du régénérat nous semble expliquer, pour une part, le temps de latence signalé plus haut.

En conclusion, dans les conditions de la première méthode de culture, les tissus de régénération, par leurs réactions, se rapprochent des tissus embryonnaires; à l'encontre, ils s'en éloignent par la différence d'évolution mise en évidence dans les conditions de la seconde méthode.

([2]) HOLTFRETER, *Arch. f. Entw. Mech.*, **124**, 1931, p. 404.

([3]) Nous avons utilisé aussi d'autres solutions salines tamponnées avec les mêmes résultats.

GÉNÉTIQUE. — *Variation de la fréquence du gène sépia dans une population stationnaire de Drosophiles.* Note de M. **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

Une étude expérimentale de la sélection naturelle de la Drosophile m'a permis de constater, il y a quatre ans, qu'un gène nouveau un allèle de *sépia* en l'espèce, pouvait s'installer au sein d'une population dans laquelle il était apparu par mutation, qu'il pouvait s'y propager, malgré la concurrence de son allèle normale, qu'il pouvait enfin s'y stabiliser à une fréquence assez élevée. Cette population était maintenue stationnaire par une technique d'élevage dans laquelle, à chaque génération, plus de neuf dixièmes des larves sont éliminées automatiquement par le jeu de la concurrence pour l'aliment. J'ai dit, ici même, que la fréquence de se_{42} semblait s'être stabilisée pendant six mois aux environs de 0,225 [1].

La population dans laquelle est apparue se_{42} a pu être maintenue en bon état pendant vingt-huit mois; elle a été dédoublée au onzième mois, la population I continuant simplement l'évolution de la population primitive, la population II recevant deux mois après le dédoublement, un apport de Drosophiles sauvages d'origines diverses. Des dénombrements hebdomadaires ont permis de suivre les variations de la fréquence du gène mutant dans la population des œufs. Les chiffres obtenus ont été groupés en moyennes mensuelles et corrigés par le procédé des moyennes mobiles.

Le tableau ci-dessous, dont la partie correspondant aux huit premiers mois a été présentée précédemment sous une autre forme, montre que la stabilité approximative qu'avait présentée pendant près de six mois la fréquence du gène se_{42} était assez trompeuse.

Mois.	se %.	Mois.	se % I.	se % II.	Mois.	se % I.	se % II.
0	9,1	10	—	20,2 —	19	11,1	**17,5**
1	14,7	11	—	19,3 —	20	12,4	**15,7**
2	18,3	12	18,0	**18,0**	21	13,1	**15,2**
3	20,4	13	17,2	**17,3**	22	12,3	**14,0**
4	21,8	14	15,8	**19,1**	23	11,9	**12,9**
5	22,4	15	14,8	**21,6**	24	13,3	**13,1**
6	22,7	16	14,9	**21,4**	25	14,5	**13,8**
7	22,7	17	13,4	**20,3**	26	15,3	**14,8**
8	21,7	18	11,3	**19,5**	27	17,6	—
9	20,7						

On constate en effet, une fois éliminée la plus grande partie des irrégularités de mesures hebdomadaires, que la fréquence du gène mutant passe vers le dixième mois par un maximum d'environ 0,227, décroît ensuite et présente

(1) G. Teissier, *Comptes rendus*, **216**, 1943, pp. 88-90.

un minimum deux fois plus faible vers le dix-neuvième mois, pour augmenter à nouveau jusqu'à la fin accidentelle de l'expérience, où la fréquence encore ascendante était les trois quarts de la fréquence maximum.

L'introduction de Drosophiles sauvages dans la population II, jusque-là identique à la population I, a été suivie presque immédiatement d'un accroissement de la fréquence de se_{42}, qui en deux mois atteint un maximum d'environ 0,22, pour décroître ensuite en huit mois jusqu'à 0,13 et augmenter à nouveau pendant les trois derniers mois de l'expérience.

L'amplitude des variations présentées par la fréquence des se_{42} dans la population I est en elle-même très digne de remarque. Il était permis de croire que, dans une population placée dans des conditions constantes, sous un régime alimentaire invariable qui fixe, à la fois, l'effectif des adultes et l'intensité de la concurrence larvaire, chacun des trois génotypes en présence posséderait une probabilité de survie déterminée et constante. La fréquence du gène se_{42} devrait, dans cette hypothèse, être une fonction monotone du temps et tendre vers un niveau d'équilibre stable. Puisqu'il n'en est pas ainsi et que, dans une même population, la fréquence du gène mutant peut présenter alternativement des périodes de stabilité, de croissance ou de décroissance, il nous faut conclure que les valeurs sélectives relatives des trois génotypes ne restent pas constantes au cours d'une même expérience.

Leurs variations ne sont certainement pas imputables à des modifications restées inaperçues des conditions d'existence de nos populations, puisque des changements importants de la température ou des conditions de nutrition ne provoquent pas de déplacements d'équilibre génique d'une amplitude comparable à beaucoup près, à ceux qui se produisent spontanément, en milieu constant dans des populations conservées assez longtemps. Le seul mécanisme qui me paraisse pouvoir être invoqué est d'ordre génétique. Si la probabilité de survie d'un génotype dépend de la composition génique de la population, et si d'autres systèmes d'allèles que celui sur lequel porte l'observation se modifient en même temps que lui, les phénomènes observés peuvent évidemment être plus complexes que ne le prévoit le schéma habituellement adopté.

L'introduction de Drosophiles d'origines diverses dans la population II était destinée à éprouver cette conception. Les résultats de cette tentative, sans être absolument probants, sont en bon accord avec notre hypothèse. D'autres expériences, qui seront rapportées prochainement, apporteront à l'appui de celle-ci des arguments plus décisifs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Production bactérienne* directe *d'acide pyruvique aux dépens de l'acide malique*. Note [1] de M. **André Lwoff** et M[lle] **Relda Cailleau**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le mutant S de la bactérie *Moraxella Lwoffi* oxydant l'acide *l*-malique en présence d'inhibiteurs de l'oxydation de l'acide oxaloacétique [2], le problème de la nature du produit du métabolisme propre de l'acide malique se posait tout naturellement.

Les cultures développées dans un milieu à l'acide malique [2] et dont la croissance est arrêtée par suite de l'épuisement de l'aliment carboné sont mises en œuvre sans centrifugation ni lavage préalable. Le milieu ne renferme à ce moment ni acide oxaloacétique, ni acide pyruvique [dosage par les méthodes de Straub [3]].

Dans les cultures arrêtées, supplémentées en acide malique et agitées en présence d'air à 28°, la recherche de l'acide pyruvique est négative. Mais l'acide pyruvique étant utilisé par les bactéries, ce résultat négatif était sans signification.

En recherchant des inhibiteurs spécifiques de l'oxydation de l'acide pyruvique, nous avons constaté que le 2.4-dinitrophénol $5\,M \times 10^{-5}$ empêche la croissance des bactéries aux dépens du malate dont la vitesse d'oxydation est légèrement ralentie alors que l'oxydation de l'acide pyruvique est très fortement réduite.

Si l'on ajoute aux bactéries agitées à 28° de l'acide malique et du dinitrophénol $5\,M.10^{-5}$, on constate qu'il y a accumulation d'acide pyruvique dans le milieu. C'est ainsi qu'en présence d'acide malique M/134, on a retrouvé après une, deux et trois heures respectivement 75, 111 et 150 μg/cm^3 d'acide pyruvique. A-t-on le droit de conclure que cet acide pyruvique provient directement de l'acide malique?

Nous savons [2-4] que dans les conditions de l'expérience les bactéries oxydent une partie de l'acide malique en acide oxaloacétique, la concentration de celui-ci atteignant 100 à 150 μg/cm^3. Mais l'acide malonique M/100 inhibe totalement l'oxydation de l'acide oxaloacétique M/1000 [2]. Or nous avons constaté que l'acide malonique M/100 n'empêche pas l'accumulation d'acide pyruvique en présence de dinitrophénol. L'acide pyruvique ne provient donc pas de l'oxydation enzymatique de l'acide oxaloacétique. Mais il pouvait provenir de la décarboxylation spontanée de cet acide. L'expérience suivante élimine cette hypothèse.

---

[1] Séance du 24 février 1947.

[2] A. Lwoff, A. Audureau et R. Cailleau, *Comptes rendus*, **224**, 1947, pp. 303-305.

[3] *Zeits. Physiol. Chem.*, **244**, 1936, p. 105.

	Départ (1)			30m		60m	
N°	a. m. (2) M/135.	a. o. a. (2) M/1000.	d. n. p. (2) 5 M. 10^{-5}.	a. p. (2) (g/cm³).	a. o. a. (g/cm³).	a. p. (g/cm³).	a. o. a. (g/cm³).
1.......	o	+	o	3	66	3	7,5
2.......	o	+	+	7,5	126	10	122
3.......	+	o	+	24,5	82	35,5	110
4.......	+	+	+	28	207	38,5	218

(1) Les chiffres représentent la concentration initiale dans le milieu.
(2) a. m. = acide *l*-malique; a. o. a. = acide oxaloacétique; a. p. = acide pyruvique; d. n. p. = 2.4-dinitrophénol.

On voit que dans la fiole 1, l'acide oxaloacétique a été oxydé et qu'il ne s'est pas accumulé d'acide pyruvique. Dans la fiole 2, la teneur en acide oxaloacétique n'a que très peu diminué. L'acide pyruvique trouvé représente la somme de l'acide pyruvique formé par décarboxylation spontanée et par oxydation enzymatique, celle-ci étant en tous cas des plus réduites. Enfin, en présence d'acide malique (fiole 3) ou d'acide malique + acide oxaloacétique (fiole 4) la différence de la teneur en acide pyruvique est de 3 μ g/cm³. La concentration en acide oxaloacétique de la fiole 3 a varié de 0 à 110 μ g/cm³, celle de la fiole 4 de 135 à 218 μ g/cm³. Or, le dinitrophénol empêche l'oxydation de l'acide oxaloacétique (fiole 2), oxydation empêchée d'ailleurs, nous le savons (1 — 3), par l'acide malique lui-même. On est ainsi en droit de conclure que 80 à 90 % de l'acide pyruvique trouvé dans la fiole 3 a été produit aux dépens de l'acide malique même, et non de l'acide oxaloacétique.

Il est évident que la formation d'acide pyruvique aux dépens de l'acide malique résulte d'une décarboxylation et d'une oxydation. Nous savons déjà que la décarboxylation de l'acide oxaloacétique par le mutant S de *Moraxella* ne se produit qu'en présence d'oxygène (4). L'attaque des acides malique et oxaloacétique est contrôlée par une seule mutation et doit, en principe, dépendre d'un même enzyme responsable d'une décarboxylation oxydative. Si celle-ci, comme l'hypothèse en a été émise, est liée ou couplée à une phosphorylation, l'acide pyruvique proviendrait de la décarboxylation d'un acide phosphomalique dont nous n'avons pu encore démontrer l'existence.

Il n'en reste pas moins que le mutant S de *Moraxella Lwoffi* est capable de produire de l'acide pyruvique aux dépens de l'acide *l*-malique sans passage par l'acide oxaloacétique. Contrairement à l'opinion généralement admise, l'acide oxaloacétique ne représente donc pas une étape obligatoire entre l'acide *l*-malique et l'acide pyruvique.

---

(4) A. Lwoff et A. Audureau, *Ann. Inst. Pasteur*, 1947 (sous presse).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'azide de sodium* N_3Na *sur la respiration et la fermentation de Esch. Coli.* Note de MM. **Eugène Aubel** et **Jekisiel Szulmajster**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'azide de sodium, dont on doit à Keilin l'emploi comme inhibiteur de la respiration, s'est montré dans les expériences suivantes sur Esch. Coli, totalement inactif, contrairement à ce qui se passe dans le cas des tissus ou des levures. Les expériences ont été faites avec deux races de Coli, l'une provenant de l'Institut Pasteur, l'autre du Lister Institut. Le milieu de culture était le suivant : peptone bactériologique Byla 10^g, glucose 10^g, phosphate dipotassique 2^g, eau 1000^{cm^3}. Les bactéries âgées de 16 heures ont été lavées une fois avec NaCl à 9 ‰ et soumises une heure à l'action d'un courant d'air. Les suspensions sont faites dans un tampon de phosphate M/15. Les mesures ont été faites par la méthode manométrique de Warburg, à 37° pour le Coli, à 25° pour la levure. Les résultats sont exprimés en Q_{O_2} pour les expériences en aérobiose, $Q^N_{H_2}$, $Q^N_{CO_2}$ pour les expériences en anaérobiose. Voici les résultats :

a. Pour la respiration. — L'azide est ajoutée en présence de substrat :

Substrat	Qo_2	
Glucose M : 90	— 92	— 93,6
» + azide M : 1600	—121,6	—112
»	— 93,6	— 95
» + azide M : 800	—128	—121
Pyruvate de sodium M : 28	— 52	— 31
» » + azide M : 1600	— 67,3	— 32,5
» »	— 65,3	
» » + azide M : 800	— 76,6	

Ces expériences furent faites à pH 6,8. Les résultats sont analogues à pH 5,2 et 7,2. Il en est de même si l'on ajoute l'azide aux bactéries un certain temps avant le substrat. Ceci confirme les résultats de Clifton et Logan.

b. Pour la fermentation. — L'azide est ajouté en présence de substrat à pH 6,8.

Substrat	$Q^N_{H_2+CO_2}$	$Q^N_{H_2}$	$Q^N_{CO_2}$
Glucose M : 90	+181,6	+100	+136,6
» + azide M : 1600	+ 4,8	0	+ 52,1
Pyruvate M : 28	+204,6	+ 74	+138,8
» + azide M : 1600	+130	+ 7,6	+126

Ainsi la respiration à partir du glucose ou du pyruvate n'est pas bloquée par N_3Na. Au contraire, la fermentation l'est, au moins en partie, et l'action se produit surtout sur le dégagement de l'hydrogène.

Fait important, il n'en est pas de même pour le succinate de Na et le fumarate de sodium, où l'on retrouve l'inhibition en ce qui concerne la respiration (ces corps ne subissent pas la fermentation).

Substrat.	Q_{O_2}
Succinate M:60	—57
» M:60 + Azide M:800	—12,5
» M:60	—48,5
» M:60 + Azide M:800	—14
Fumarate M:60	—37,5
» M:60 + Azide M:800	— 9,5

Si l'on compare ces résultats à ceux obtenus avec le glucose et l'acide pyruvique, il apparaît difficile d'admettre que la chaîne respiratoire de ces derniers corps emprunte la voie des acides succinique-fumarique. Avec la levure de boulangerie, nous avons, à titre de contrôle, retrouvé à pH 5,2 l'inhibition de la respiration classique, mais aussi une inhibition partielle de la fermentation. Sur le glucose, $Q_{O_2} = -132,4$ sans azide, 0 avec azide et $Q^{N}_{CO^2+H^2} = +217$ sans azide et $+ 129,4$ avec azide.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réactions de fluorescence de quelques stéroïdes (hormones surrénales et sexuelles) avec le sulfate neutre de méthyle.* Note [1] de MM. **Charles Dhéré** et **Ladislas Laszt**, présentée par M. Louis Lapicque.

En ajoutant simplement du sulfate neutre de méthyle à divers stéroïdes, on obtient des liqueurs qui, tout en étant peu colorées, présentent (dans un faisceau convergent de rayons solaires) de belles fluorescences de colorations très variées : *rouge orangé* avec la désoxy-corticostérone, *orangé jaune* avec l'équilénine, *jaune vert* avec la corticostérone, *vert un peu jaune* avec l'équiline et l'œstradiol, *vert relativement franc* avec l'œstrone [2]. En lumière de Wood, on peut observer une fluorescence d'un *bleu violacé* avec la méthyltestostérone, alors que la testostérone fournit une fluorescence *verte*. Plusieurs de ces fluorescences sont fortes; quelques-unes (désoxy-corticostérone, anhydro-oxy-progestérone) d'une intensité prodigieuse. On entrevoit donc les applications possibles de ces réactions aussi bien au dosage qu'à la détection chimique ou histo-chimique de ces stéroïdes, tout spécialement en utilisant, pour l'excitation, des radiations visibles sélectionnées, permettant (comme nous l'avons constaté) d'exclure, dans un mélange, la fluorescence d'un ou de plusieurs stéroïdes.

Nous communiquons aujourd'hui, d'une façon extrêmement résumée, les résultats obtenus dans l'étude des spectres d'absorption et de fluorescence de 10 stéroïdes cristallisés et purs. Généralement, après une évolution de la

---

(1) Séance du 24 février 1947.

(2) Réactions effectuées dans des conditions identiques (durée, température, etc.).

réaction plus ou moins longue, on parvient à un terme d'une assez grande stabilité. A froid, la plupart de ces réactions évoluent lentement; en chauffant avec précaution, on détermine une accélération considérable. Certaines bandes d'absorption ont leur intérêt propre; on doit aussi en tenir compte dans l'interprétation de la structure des spectres de fluorescence.

A. *Hormones surrénales.* — 1° *Désoxy-corticostérone.* — Liqueur bleue. Deux bandes d'absorption : très forte entre λ 617 et λ 588 mμ; faible entre λ 565,5 et λ 546,5. Deux bandes de fluorescence : très brillante entre λ 653 et λ 615; notablement moins lumineuse entre λ 550 et λ 515, avec lueur jusqu'au violet. (Tout au début de la réaction, et en lumière de Wood, bande de fluorescence verte seulement.)

2° *Corticostérone.* — Liqueur presque incolore, sans absorption notable. Deux bandes de fluorescence, bien brillantes : orangée et verte, avec émission intermédiaire. Tardivement, bande d'absorption dans l'orangé, un peu plus réfrangible que celle de la désoxy-corticostérone; séparation nette alors des deux bandes brillantes. A ce stade ultime, fluorescence orangée de la liqueur (devenue à peine bleue).

B. *Hormones sexuelles.* — 3° *Œstradiol.* — Liqueur très légèrement rosée. Bande d'absorption entre λ 536,5 et λ 511. Bande de fluorescence verte entre λ 569,5 et λ 533. Cette émission se prolonge faiblement jusque dans l'orangé.

4° *Œstrone.* — Liqueur un peu bleue à la longue. Bande d'absorption assez faible entre λ 533 et λ 512. Bande de fluorescence intense étendue de λ 565 à λ 530. Lueurs en deçà et au delà.

5° *Équiline* (3). — Liqueur d'abord un peu jaune puis teintée de rose. Fluorescence magnifique, apparaissant, comme celle de l'œstrone, très rapidement. Bande d'absorption entre λ 533 et λ 513. Au début, autre bande d'absorption entre λ 477 et λ 457 (bande semblable pour l'œstrone). Forte bande de fluorescence étendue de λ 566 à λ 531 (avec prolongement jusqu'à λ 485 au début). Émission notable jusque dans l'orangé.

6° *Équilénine.* — Liqueur acquérant peu à peu une nuance framboisée. Bande d'absorption intense de λ 554 à λ 518. Forte fluorescence comprise entre λ 658 et λ 553. Réaction rapide (4).

7° *Progestérone.* — Réaction lente et complexe. A la fin, liqueur framboisée. Deux bandes d'absorption : de λ 624 à λ 577 et de λ 512 à λ 473. Deux bandes de fluorescence : de λ 653 à λ 614 et de λ 577 à λ 503.

8° *Anhydro-oxy-progestérone.* — Grandes analogies spectrales avec la désoxy-corticostérone (hydroxy-21- progestérone.) (Bande d'absorption aussi sur λ 479.) Vive fluorescence rouge apparaissant bien plus rapidement.

---

(3) Les cristaux d'équiline présentent une forte fluorescence bleu violet.

(4) La fluorescence rouge orangé de l'équilénine n'est pas excitée par la raie Na 589 mμ, qui excite intensivement les fluorescences rouge orangé d'autres hormones (désoxy-corticostérone, etc).

9° *Testostérone.* — Fluorescence verte, rapide, en lumière de Wood; verdâtre et peu intense au soleil. Émission dans presque tout le spectre visible avec maximum correspondant à la plage verte. Pas de bande d'absorption nette.

10° *Méthyltestostérone.* — Superbe fluorescence presque immédiate, rappelant, au soleil, celle de la fluorescéine. Liqueur jaunâtre, à forte bande d'absorption entre λ 508 et λ 478. Bande de fluorescence principale entre λ 564 et λ 510. (N. B. — La fluorescence d'un bleu violacé, signalée au début de notre Note, ne s'observe qu'à un stade très avancé.)

Ne manquons pas de dire que Mary Christine Rosenheim a fait connaître, il y a une trentaine d'années ([5]), la réaction que l'oxycholestérol (mais non le cholestérol) fournit en présence du sulfate neutre de méthyle. Toutefois, ce cas resta isolé; on ne soupçonna pas tout le parti qu'on pouvait tirer de la « Réaction de Mary-C. Rosenheim » dans l'étude des stéroïdes.

Un mémoire, avec photographies spectrales, paraîtra prochainement.

TOXICOLOGIE CELLULAIRE. — *Le mécanisme de l'action insecticide du dichloro-diphényl-trichloréthane (D. D. T) et la règle thermodynamique des narcotiques indifférents.* Note de M. **Pierre Gavaudan** et M[lle] **Hélène Poussel**, transmise par M. Robert Courrier.

Le dichloro-diphényl-trichloréthane (D. D. T.) exerce une action insecticide puissante dont les modalités ont fait l'objet de très nombreuses descriptions. Mais on ne sait rien de précis sur le mécanisme d'action de cette substance dont le pouvoir toxique apparaît encore comme assez mystérieux.

Parmi les hypothèses proposées retenons surtout celles de l'hydrolyse avec libération d'acide chlorhydrique [H. Martin et R. L. Wain ([1])] et de la liposolubilité. J. R. Busvine ([2]), cependant, n'a rien pu conclure de sa comparaison de la vitesse d'hydrolyse, de la liposolubilité et de la toxicité du D. D. T. et de quelques composés analogues. Cet auteur a remarqué, d'une part, que le diméthoxy-diphényl-trichloréthane, dont la vitesse d'hydrolyse est lente, possède un fort pouvoir toxique et, d'autre part, que dans les conditions expérimentales qu'il avait choisies, la liposolubilité ne semblait pas jouer un rôle déterminant.

Si l'on considère *a priori* le D. D. T. comme une substance exceptionnelle, le problème est difficile à résoudre, mais si l'on admet qu'il n'est qu'un des membres les plus actifs d'une vaste classe de composés, déjà assez bien connus, on peut proposer une hypothèse de travail intéressante. En effet, nous avons observé que de nombreux dérivés chlorés de carbures aliphatiques exercent des actions narcotique (mito-inhibition dans le méristème de blé), excitante

---

([5]) *Biochem. Journ.*, 10, 1916, p. 176.

([1]) *Nature*, 154, n° 3919, 1944, p. 512.

([2]) *Nature*, 156, n° 3954, 1945, p. 169.

(déclenchement des contractions rythmiques du muscle de sangsue), ou les deux actions successivement (élévation du tonus puis inhibition des mouvements de l'intestin isolé du Lapin). L'hexachlorocyclohexane γ, qui est comme le D. D. T. un insecticide puissant, exerce les mêmes actions. Or tous ces composés agissent à des valeurs d'activité thermodynamique correspondant à la marge d'activité caractéristique des narcotiques indifférents (de 0,01 environ à l'unité).

Nous nous sommes demandé si le D. D. T. n'agissait pas selon un mécanisme analogue. L'extrême faiblesse des concentrations dans l'eau a vivement frappé les auteurs, qui, cependant, en négligeant la solubilité du D. D. T. dans l'eau n'ont pu faire une étude véritablement quantitative et se sont éloignés de la compréhension du mécanisme d'action. Nous avons trouvé par une méthode néphélométrique que la solubilité du D. D. T. dans l'eau avait la valeur approchée de 0,0001/1000 à 18° (28×10^{-8} M. g./L.). Cette valeur s'accorde assez bien avec celle de 0,00005/1000 qui peut se déduire des données biologiques de Rœder et Weiant [3]. Supposant qu'il s'agit de solutions idéales, nous calculons l'activité thermodynamique par le rapport C/C_0 [concentration active/concentration saturante [4]].

Les données concernant les concentrations toxiques (g./1000) sont empruntées aux auteurs cités.

$C_0 = 0{,}0001/1000$.	C.	$a = C/C_0$.
A. W. Lindquist et R. C. Bushland [5] : Larves de *Chaoborus punctipennis*	0,000013	0,13
Pupes de *Chaoborus punctipennis*	0,000036	0,26
P. M. Eide, C. C. Deonier, et R. W. Burrel [6] : *Carassius auratus*	0,0001	1
Sautet et al. [7] : Larves de *Culex pyrenaicus* (24 h.)	0,0001	1
Larves de *Theobaldia longeareolata*	0,00002	0,20
Rœder et Weiant [3] : *Periplaneta americana* : perfusion de la patte, neurones sensoriels (42 min.)	0,00001	0,10
Anderson [8] : *Daphnia magna* (32 h.)	0,000001	0,01

Le tableau montre qu'à des concentrations très faibles correspondent des activités thermodynamiques relativement élevées variant de 0,01 à l'unité (saturation). Ces valeurs sont comprises dans la marge des activités thermodynamiques critiques des narcotiques indifférents définie par la règle de Meyer et Hemmi [9] et par les exigences thermodynamiques impliquées par cette

(3) *Science*, **103**, 1946, p. 304.

(4) P. Gavaudan, M. Dode et H. Poussel, *Mémorial des Services chimiques de l'État*, **31**, 1944, pp. 384-423.

(5) *Journ. écon. entomol.*, **37**, 1944, p. 842.

(6) *Journ. écon. entomol.*, **38**, 1945, p. 492.

(7) J. Sautet, A. Audouin, G. Levavasseur et J. Vuillet, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 66.

(8) Bertil G. Anderson, *Science*, **102**, 1945, p. 539.

(9) *Bioch. Zeits.*, **277**, 1935, p. 39.

règle conformément aux vues de Ferguson ([10]), ainsi que nous l'avons montré avec Dodé ([4]).

D'après Meyer et Hemmi, les narcotiques indifférents agissent lorsqu'ils se trouvent à une concentration moyenne de 0,06 M. g./L. dans les lipoïdes cellulaires. D'après Busvine ([2]), la solubilité du D. D. T. dans l'huile d'olives est de 10 % (0,28 M. g./L.). Supposant une analogie entre cette huile et le solvant lipoïdique cellulaire, l'activité thermodynamique dans ce dernier serait

$$a = \frac{N'}{N'_0}, \quad \text{soit} \quad \frac{0,06}{0,28} = 0,21.$$

L'activité étant égale, à l'équilibre, dans la phase lipoïdique cellulaire et dans le milieu extérieur, devra avoir également la valeur 0,21 dans ce dernier milieu. L'ordre de grandeur est précisément celui des valeurs calculées d'après les concentrations trouvées expérimentalement par les auteurs.

On peut donc penser, en principe, que le D. D. T. doit agir, comme les narcotiques indifférents, sur un substrat lipoïdique.

PROTOZOOLOGIE. — *Deux sporozoaires parasites d'*Ephestia kühniella *Z.* Note de M. **Sabbas Ghelelovitch**, présentée par M. Émile Roubaud.

Cherchant à me rendre compte des causes qui provoquaient la mortalité des chenilles d'*Ephestia kühniella* Z. dans un élevage provenant du Moulin des Hôpitaux de Paris, j'ai pu constater que ces chenilles étaient parasitées par deux Sporozoaires différents.

Un de ces Sporozoaires, une Microsporidie, appartient au genre *Nosema*. Le parasite est localisé dans le corps adipeux des chenilles. Les dimensions de ses stades végétatifs et de ses spores sont un peu supérieures à celles données par Kudo ([1]) pour *Nosema bombycis*. Les jeunes méronotes monocluéés, de forme arrondie, de 2 à $4^{\mu},5$ de diamètre, ont un cytoplasme réticulé et un noyau rond à chromatine dispersée. Les stades plus âgés, le plus souvent binucléés, sont également sphériques et mesurent de 5 à 6^{μ} de diamètre. Ils ont un cytoplasme plus dense et leurs noyaux, de forme allongée, se colorent uniformément par l'hématoxyline ferrique. Les schizontes plurinucléés, à 5 à 6 noyaux, sont rares. Leurs noyaux sont sphériques et le cytoplasme dense laisse une zone claire autour des noyaux. Les sporoblastes, de forme allongée, sont longs de 6 à 8^{μ}. Leur cytoplasme est moins dense et se colore uniformément en bleu pâle par le colorant de Giemsa. Les spores elliptiques mesurent $4\text{-}5^{\mu} \times 2^{\mu}$. (En moyenne $4^{\mu},5 \times 2^{\mu}$). Leur filament polaire est long de 70 à 80^{μ} ([2]). N'ayant pas fait d'expériences d'infection croisée, entre les chenilles d'*Ephestia* et celles du

([10]) *Proc. roy. Soc.*, série B, **127**, 1939, pp. 387-403.

([1]) *Illinois Biol. Monogr.*, 9, 1924, nos **2** et **3**, p. 69.

([2]) L'extrusion du filament polaire a été obtenue en colorant une goutte de suspension des spores, séchée sur lame, par la méthode de l'imprégnation argentique de Fontana-Tribondeau.

Bombyx, j'hésite à affirmer que le parasite décrit appartient à une autre espèce que *Nosema bombycis*.

Les faibles différences qui existent entre les deux parasites peuvent être dues aux différences de milieu : le parasitisme dans deux organismes différents pourrait les expliquer. D'ailleurs, les caractéristiques morphologiques données pour *Nosema bombycis* varient sensiblement d'un auteur à l'autre. D'autre part, la spécificité de *Nosema bombycis* ne semble pas être absolue : ainsi Stempell a réussi à infecter expérimentalement les chenilles d'*Arctia caja*. La localisation stricte du parasite dans les tissus adipeux de l'hôte pourrait, pourtant, être considérée comme un argument en faveur de son originalité spécifique. Mais, ici encore, il faudrait rappeler l'expérience de Chorine (3) : n'ayant pas réussi à infecter par la voie buccale des chenilles de *Galleria mellonella* L., avec une *Thelohania* parasitant le corps gras des chenilles de *Vanessa urticæ* L. (4), il a pu cependant observer le début du cycle végétatif du parasite dans le sang des chenilles de Galleria, après l'injection dans leur cavité générale d'une suspension de spores. Les petites amibes sorties des spores injectées se multipliaient par division directe dans le sang de Galleria, mais étaient bientôt phagocytées par les cellules sanguines de l'hôte.

La Nosémose des chenilles d'*Ephestia* est une maladie mortelle; je n'ai jamais pu trouver un seul papillon parasité; les chenilles succombent avant la métamorphose. Leurs cadavres, littéralement bourrés de spores de Nosema, étaient nombreux dans mon élevage. Ces cadavres ont un aspect caractéristique : ils sont d'une couleur brun grisâtre et d'une consistance dure. Cet aspect les distingue facilement des cadavres des chenilles mortes par infections bactériennes, qui ont une couleur beaucoup plus foncée et dont les tissus en décomposition perdent rapidement toute consistance. Il est intéressant de noter que sur les frottis du liquide cœlomique des chenilles parasitées par le *Nosema*, on peut observer les images de la phagocytose des spores du parasite par les cellules sanguines de l'hôte. Les cellules bourrées de spores subissent finalement une lyse et le nombre des cellules sanguines dans le sang des chenilles parasitées devient moindre que celui des chenilles saines.

Le deuxième parasite, trouvé dans le même élevage, est une *Schizogrégarine*. L'infection semble être moins nocive, car je n'ai pas trouvé de cadavres de chenilles contenant des sporocystes de ce dernier parasite. Par contre, j'ai pu trouver les sporocystes de cette espèce chez un papillon. Comme, cependant, la disproportion entre le nombre des chenilles et celui des papillons parasités est très grande, et comme, d'autre part, les éclosions étaient exceptionnelles dans l'élevage, on peut supposer que les chenilles parasitées meurent au moment de la nymphose.

---

(3) *Zbl. f. Bacteriol., Protistenk. u. Infektionskr.*, **117**, 1930, *p.* 86.

(4) Les chenilles de Vanessa pouvaient être facilement infectées par la voie buccale.

La Schizogrégarine en question ne peut être classée dans aucun des genres jusqu'ici décrits. Il faut donc créer pour elle un genre nouveau, que je propose de dénommer *Cœlocystis*, en raison de la localisation du parasite dans le cœlome des insectes infectés.

Espérant pouvoir donner ultérieurement une description plus détaillée de cet organisme, je me bornerai à indiquer ici, brièvement, sa diagnose.

Genre *Cœlocystis* n. g. :

Trophozoïtes plus ou moins sphériques, intracellulaires, au noyau souvent excentrique. Schizontes le plus souvent sphériques également, Gamontes allongés, vermiformes. De l'union de deux gamontes résulte un seul Sporocyste; Spores octozoïques.

Cœlocystis ephestiæ n. sp. : Trophozoïtes de 3 à 5^{μ}. de diamètre. Schizonte de dimensions variables (moyenne 14^{μ}) contenant un nombre de noyaux ne dépassant pas 30-40. Spore : $14^{\mu} \times 6^{\mu}$.

IMMUNOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'adaptation* in vitro *d'un protéide à un antigène*. Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

1. Trois facteurs interviennent pour adapter *in vitro* un protéide à un antigène : la présence de l'antigène, l'intervention d'une contrainte extérieure et une alcalinité modérée (pH 8,5). Pour interpréter le résultat expérimental [1], considérons d'abord, sur un protéide quelconque en solution pure, la répartition spatiale des groupes dissociés. Chacun d'eux définit la présence d'une charge ponctuelle, positive ou négative. Plusieurs facteurs (angles de valence, nécessités stériques) interviennent pour assigner à chacune de ces charges une position caractéristique. Mais il ne s'agit là que d'une position *moyenne* autour de laquelle le groupe considéré subit des déplacements incessants (rotation et vibration). Il en résulte, pour la molécule, un certain degré de malléabilité et une aptitude à répondre aux influences extérieures, par des remaniements secondaires, comme le montre la facilité de la dénaturation des protéides.

Si nous introduisons maintenant, dans cette solution, la molécule d'antigène, trois éventualités sont possibles pour les charges électriques du protéide : *a*. les groupes dissociés de signe opposé à ceux de l'antigène entraînent la combinaison polaire, quelques-uns [2] étant placés d'emblée dans le rayon d'action moléculaire (4 à 5 Å), d'autres devenant susceptibles de remplir cette condition au cours des vibrations que nous avons envisagées précédemment; *b*. les groupes de même signe sont antagonistes à la combinaison; *c*. une partie importante des groupes, placée en dehors du rayon d'action moléculaire, reste indifférente.

Le mélange des deux molécules se trouve ainsi soumis à un ensemble

---

(1) J. Loiseleur, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 505.

(2) Nécessairement l'un des groupes, au moins, remplit cette condition.

d'attractions (groupes favorables) et de répulsions (groupes antagonistes), si bien qu'à l'état statique aucune modification ne se produit. Mais, si l'on fait intervenir une contrainte extérieure [violente agitation ([3]) ou action des ultrasons] en opérant vers pH 8, 5, le système évolue vers le minimum d'énergie potentielle, en augmentant donc les groupes favorables [orientation particulière des groupes [*a*]) et en éliminant les groupes antagonistes [*b*] (ces derniers s'effaçant en occupant une position permise par leur vibration). Il en résulte l'adaptation spécifique du protéide à la molécule antigénique.

2. On voit comment cette hypothèse de travail s'oppose à celle de Pauling ([4]). Pauling suppose le déroulement de la chaîne polypeptidique et la libération de ses deux extrémités qui deviennent ainsi susceptibles de s'adapter à l'antigène. Deux facteurs seulement interviennent alors : la présence de l'antigène et une valeur élevée du pH (pH 11). Cette technique, appliquée aux antigènes organiques de faible poids moléculaire, conduit aux résultats expérimentaux reproduits dans le tableau. La spécificité relative est indiscutable, comme il ressort de l'examen des colonnes verticales du tableau. Par contre, la spécificité absolue par rapport au témoin (ce dernier constitué par la globuline soumise au même traitement en l'absence d'antigène) est parfois peu marquée, ce qui peut être attribué à l'alcalinité élevée du milieu.

		Antigène en présence duquel la globuline a été dénaturée :		
		I.		
Épreuve de viscosité avec :	Témoin.	Ac. *d*-tartrique.	Hydroquinone.	Ac. anthranilique.
Ac. *d*-tartrique.......	+ 2,4	+ **4,2**	+2,3	+ 2,9
Hydroquinone.......	+ 0,5	+ 3	+**3,1**	+ 2,9
Ac. anthranilique....	+ 0,5	+ 2,7	+1,3	+ **2,9**
		II.		
	Témoin.	Xylose.	a. salicylique.	*p*-phénylènediamine.
Xylose..............	+11,8	+**13,2**	−1,8	+ 4
A. salicylique........	+10,6	− 1,7	+**3,4**	+ 0,2
p-phénylènediamine...	+12,2	+12,7	+0,4	+**11,6**
		III.		
	Témoin.	Arginine.	Raffinose.	
Arginine............	+ 4,1	+ **7,6**	+4,1	
Raffinose...........	+ 3	+ 5,6	+**4,3**	

En résumé, l'intervention d'une contrainte extérieure permet d'abaisser le pH requis pour l'adaptation spécifique d'un protéide et d'augmenter ainsi le degré de spécificité.

([3]) Obtenue en faisant subir à la solution une série de passages successifs sous pression à travers les chicanes d'un homogénéisateur (chicanes constituées par une vis ne remplissant pas exactement son écrou).

([4]) L. Pauling et D. H. Campbell, *J. Experim. Med.*, 76, 1942, p. 211.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Données relatives à l'intoxication vermineuse expérimentale*. Note de MM. **Robert Deschiens** et **Maurice Poirier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les extraits aqueux, alcooliques, acétoniques et trichloracétiques de certains Helminthes parasites, des familles des *Ascaridæ*, des *Tæniadæ*, des *Fasciolidæ*, et des *Paramphistomidæ*, permettent de réaliser une intoxication vermineuse expérimentale aiguë, subaiguë ou chronique du Cobaye, du Lapin, du Chat et du Rat.

On peut utiliser, à cet effet, l'extrait trichloracétique, obtenu suivant une technique dérivée de celle de M. Macheboeuf et R. Mandoul ([1]) que nous avons déjà décrite ([2]); celle-ci permet d'obtenir, en partant d'*Ascaris megalocephala* et d'*A. lumbricoïdes* une fraction toxique contenant des polypeptides non dialysables de la série des acides et des bases aminées aromatiques. La fraction toxique mise en solution isotonique et injectée dans l'appareil circulatoire du Cobaye (voie intracardiaque ou voie jugulaire), tue l'animal en moins de 25 minutes avec des doses de 2 à 6^{cm^3}, suivant les échantillons, correspondant à 1 à 3^{g} de vers par kilogramme de poids (1 à 3^{cm^3} par cobaye de 500^{g}). Ces accidents d'intoxication aiguë ont le caractère du choc anaphylactique histaminique. Le Cobaye peut être protégé contre eux par l'injection sous-cutanée préalable, 10 à 30 minutes avant l'injection toxique, de $0^{cm^3},5$ d'une solution de 0,5 % ($2^{mg},5$) de N. P. métoxybenzol, N. diméthylaminoéthyl, aminopyridine (2.787 R. P.), antihistaminiques de synthèse; cette posologie protège 1-*k* de cobaye contre 161 doses mortelles d'Histamine.

Cette première constatation, jointe à la nature des manifestations aiguës observées (broncho-spasme, contracture) militerait en faveur de la présence d'histamine dans l'extrait trichloroacétique d'*Ascaris megalocephala* et d'*A. lumbricoides*.

En outre, la réaction de Pauly (diazoréaction) est positive pour l'extrait trichloroacétique d'*Ascaris*, ce qui augmente les probabilités de la présence d'histamine ou d'histidine dans la fraction toxique séparée. Cependant, 2 à 5^{cm^3} d'extrait trichloroacétique d'Ascarides, mis à trois reprises différentes en présence d'intestins isolés de Cobaye, très sensibles, en solution de tyrode non glucosée, suivant la technique de Barsoum et Gaddum, n'ont pas provoqué la contraction du viscère.

Pour vérifier que l'extrait trichloroacétique d'*Ascaris megalocephala* ne contenait pas une substance masquant l'activité de l'histamine sur l'intestin isolé, nous avons ajouté 10 volumes de chlorhydrate d'histamine à 2^{cm^3} d'extrait trichloroacétique d'Ascarides, et ce complexe fut mis en présence d'un intestin

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 1032 ; *ibid.*, **132**, pp. 124-126.

([2]) R. Deschiens, *Bull. Soc. Path. exot.*, **3**, 1942, pp. 115-121.

isolé sensible; des contractions dont l'amplitude correspondait à 10 volumes de chlorhydrate d'histamine furent constatées.

L'épreuve de l'extrait d'Ascarides sur l'intestin isolé de Cobaye ne confirme donc pas la présence d'histamine dans la fraction toxique séparée.

Nous ajouterons que l'extrait aqueux d'*Ascaris megalocephala* et d'*A. lumbricoides* ne provoque pas la contraction de l'intestin du Cobaye.

L'extrait trichloroacétique d'Ascaris, administré à 6 cobayes de 350 à 600g en injections sous-cutanées, à doses réfractées de 2cm³ tous les 2 jours, pendant 8 à 21 jours (doses totales : 8 à 29cm³), a provoqué la mort de tous les animaux. L'intoxication vermineuse ainsi réalisée est comparable, du point de vue des manifestations pathologiques et des lésions anatomo-pathologiques, à celles que nous avons observées dans l'intoxication expérimentale subaiguë ou chronique du Cobaye par le chlorhydrate d'histamine. On note cliniquement un broncho-spasme intermittent, subintrant ou permanent et un amaigrissement profond, atteignant 50 % du poids initial de l'animal. Les lésions anatomo-pathologiques montrent, au niveau de l'appareil respiratoire, des bronches contractées et desquamées, de l'œdème pulmonaire, une importante ectasie vasculaire, une infiltration diffuse de la trame pulmonaire et des plages d'alvéolite séreuse; il existe une éosinophilie pulmonaire très légère. Les reins gros et congestifs sont le siège d'une nécrose glomérulaire et d'ectasie exsudative des tubes contournés, qui offrent de la dégénérescence segmentaire, Le foie est atteint d'ectasie vasculaire et de stéatose en foyers. Il existe une hyperleucocytose générale importante, portant sur les leucocytes neutrophiles dont le taux s'élève en moyenne de 40 % à 70 % ; il n'a pas été constaté d'éosinophilie générale.

Le liquide cœlomique et l'extrait aqueux d'*A. megalocephala* se comportent toxicologiquement, pour le Cobaye, comme l'extrait trichloroacétique, mais à des doses beaucoup plus élevées.

La toxicité de l'extrait trichloroacétique d'Ascaris se maintient pendant 5 à 8 jours à la température de 4°; elle se conserve pendant 1 mois au moins à — 15°.

L'ensemble des données que nous avons recueillies semblerait favorable à l'identification de l'histamine dans la fraction d'extrait d'Ascarides isolée par l'acide trichloroacétique; cependant, l'absence de contractions de l'intestin isolé de Cobaye suscite une réserve et pourrait faire penser que l'on se trouve en présence, non d'histamine, mais d'une base aminée voisine de celle-ci.

MÉDECINE. — *Mode d'administration de la pénicilline et son effet dans un cas de cancer disséminé du sein.* Note de Mme **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa.**

Nous avons constaté, sur la Souris, une diminution de la constante de croissance et l'installation progressive d'une hyperémie massive, irréversible dans

les tumeurs sous l'influence de la pénicilline (¹) et (²). Cet effet a été obtenu par des doses de 300 à 400 unités Oxford, administrées trois fois par semaine. Dans ces conditions, l'hyperémie, même très prononcée, du tissu néoplasique, n'a jamais été accompagnée d'hémorragie, malgré la persistance de la circulation dans les vaisseaux dilatés plusieurs mois après la cessation du traitement.

Ces observations ont servi de point de départ pour notre procédé d'administration de la pénicilline à une malade cancéreuse amputée des deux seins, qui avait déjà été longuement traitée à l'Hôpital Curie, par les rayons de Rœntgen, pour des métastases multiples, et qui fait actuellement de l'ascite. Son ascite la gênait de plus en plus, et elle souffrait beaucoup de douleurs, surtout dans le dos et du côté gauche du thorax où l'on pouvait supposer l'existence de métastases osseuses. L'examen histologique d'un nodule cutané, prélevé sous l'anesthésie locale (Dr Roux-Berger), montre un adénocarcinome mammaire, riche en tissu fibreux, mais à cellules cancéreuses extrêmement disséminées. La malade a été traitée du 14 novembre 1946 au 22 janvier 1947 par des injections intramusculaires de 20000 à 25000 U. O., tous les deux jours.

Les premiers trois jours, la circonférence du ventre s'est accrue de 93 à 96^{cm} (accroissement de 2^{cm} pour les huit jours précédents); la malade souffrait de gêne de la respiration et éliminait moins d'urine. Pour la soulager, nous lui avons retiré, par une petite ponction, 600$^{cm^3}$ de liquide ascitique, très riche en albumine et contenant un peu de sang. Les douleurs, au niveau des métastases, continuèrent pendant quelque temps, quoique le soulagement momentané ait été net après chaque injection. Progressivement, ces douleurs se sont calmées. La malade respirait mieux, éliminait plus d'urine, mangeait avec plus d'appétit et venait seule pour ses injections. Les douleurs se renouvelaient pourtant avec l'accroissement de l'ascite, ce qui rendait nécessaire une ponction (600, 600, 800 et 2700$^{cm^3}$). Les douleurs se calmaient de nouveau et la malade revenait à ses occupations de ménagère.

L'effet analgésiant de la pénicilline, que l'on peut supposer chez cette malade, trouve son explication dans les modifications histologiques des tumeurs de souris traitées par ce produit. Le traitement étant interrompu 11 à 18 jours après son début, les tumeurs reprennent leur croissance habituelle. Néanmoins, la partie de chacune de ces tumeurs, qui existait au moment du traitement, s'est conservée, grâce à l'irréversibilité des modifications produites par la pénicilline, et se présente sur les préparations microscopiques sous forme d'une zone distincte que nous avons appelée « la zone pénicillée ». Le trait le plus caractéristique de cette zone est une hyperémie massive énorme, hyperémie qui non seulement désorganise la topographie du tissu tumoral, mais apporte probablement des modifications dans son métabolisme, intensifie les processus

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, pp. 425 à 427.
(²) *Bull. du Cancer*, 33, n° 3, 1946, pp. 192 à 222.

d'oxydation et change le potentiel de reproduction de la cellule cancéreuse; du moins, nous n'avons jamais trouvé une mitose dans la zone pénicillée.

Que l'hyperémie calme les douleurs dans certaines conditions, le fait est connu (compresse chauffante, bouillotte); d'autre part, l'hyperémie pourrait rendre compte de l'accroissement accéléré de l'ascite chez notre malade au début du traitement. Cette constatation appelle, en même temps, à une certaine prudence : l'hyperémie doit être produite progressivement afin que la paroi vasculaire s'adapte à la dilatation sans éclater ni donner lieu à une hémorragie. Un autre point particulier, c'est que, contrairement aux maladies infectieuses, le traitement par pénicilline dans le cas de cancer ne devrait pas être interrompu aussi longtemps que possible; du moins sur la Souris, les tumeurs retardées dans leur croissance au cours du traitement ont presque toutes repoussées après sa suppression. Et pourtant, il n'y avait pas de révivifaction reproductrice à l'intérieur de la zone pénicillée où les cellules cancéreuses se trouvaient toujours sous l'influence de l'hyperémie. Le point de départ pour une nouvelle néoformation a été fourni par la couche périphérique, où les cellules cancéreuses ont pu rétablir leur potentiel de reproduction, peut-être grâce au contact avec les tissus normaux.

Quelques signes d'une certaine stabilisation du processus néoplasique ont également été constatés sur notre malade, à savoir : au niveau de la première ponction, il s'est formé un petit nodule dur qui n'a pas grossi par la suite; aucun nodule au niveau des trois autres ponctions. Le liquide ascitique, sanguinolent au début, n'a donné, dernièrement, aucun dépôt rouge après la centrifugation. La malade continue à vivre et à s'occuper de son travail.

En définitive, à la suite d'une étude de l'effet de la pénicilline sur les tumeurs chez la Souris, un traitement par une méthode analogue de doses moyennes espacées (20 000 à 25 000 U. Ox. tous les deux jours) a été entrepris sur une malade. Les faits nouveaux : suppression des douleurs et une certaine stabilisation de l'évolution néoplasique, se sont manifestés au cours de ce traitement ([3]).

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 15m. L. B.

([3]) Ce travail a été en partie fait sous les auspices de la « Donner Foundation ».

ERRATA.

(Séance du 17 février 1947.)

Note de Mlle *Monique Harrand*, Sur la structure du cyclohexane :

Page 463, dernière ligne du premier tableau, *remplacer* 9 *par* 7 et 38 *par* 36.